

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra dopravního stavitelství

Železniční trať Petrovice u Karviné – Karviná město
- optimalizace provozu

Railway Line Petrovice u Karviné – Karviná město
- Optimization of Railway Traffic

Student:

Jiří Svoboda

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Hudeček Leopold, Ph.D.

Ostrava 2012

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Svoboda**

Studijní program: B3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3647R020 Dopravní stavby

Téma: **Železniční trať Petrovice u Karviné – Karviná město
- optimalizace provozu
Railway Line Petrovice u Karviné – Karviná město
- Optimization of Railway Traffic**

Zásady pro vypracování:

Úkolem diplomanta je řešení trati Petrovice u Karviné – Karviná město. V DP budou řešeny variantní návrhy optimalizace provozu včetně rekonstrukce dopravní Karviná-město, převedení na vlečku, zaústění a návaznost vlečkového provozu. Diplomant se seznámí se všemi dostupnými podklady (studie využití lokalit, územní plány...), dopravně-inženýrskými daty a provede návrh variant možných řešení. Diplomant po analýze vybere a podrobněji zpracuje jednu z navržených variant. Výsledkem diplomové práce bude situace širších vztahů s vykreslením variant, včetně ekonomicko-technického porovnání jednotlivých řešení, a podrobnější řešení vybrané varianty včetně vizualizací v rozsahu technické studie.

Seznam doporučené odborné literatury:

Plášek, Zvěřina, Svoboda, Mockovciak: Železniční stavby-železniční spodek a svršek CERM, Brno, 2004
C. Esvelt: Modern Railway Track, MRT Productions 2001
Plášek: Železniční stavby, Návod do cvičení, VUT-Brno 2003
Zákon č. 266/1994 (O drahách), vyhl. č. 177/1995 vč. změn a doplňků, ČSN 73 6360-1 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha - projektování, ČSN 73 6320 Průjezdové průřezy na drahách celostátních..., ČSN 73 6310 Navrhování železničních stanic


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Leopold Hudeček, Ph.D.**

Datum zadání: 31. 10. 2011

Datum odevzdání: 30. 04. 2012




doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Darja Kubečková Skulinová, Ph.D.
děkanka fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 30. 4. 2012

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 30. 4. 2012

.....
podpis studenta

ANOTACE:

Obsahem této Bakalářské práce je optimalizování provozu na trati Petrovice u Karviné – Karviná město, které je provedeno optimalizací tratí samotné. V úvodních kapitolách této práce se seznamujeme s řešenou tratí, a lokalitou touto tratí dotčenou. Dále je popsán současný a výhledový stav trati. Samotná optimalizace je řešena ve dvou fázích. V první je popsán současný technický stav trati, jeho následné vyhodnocení a návrh patřičných změn a opatření. V druhé fázi je řešena rekonstrukce dopravní Karviná město. Součástí rekonstrukce dopravní Karviná město je změna uspořádání kolejíště umožňující efektivní napojení vlečkového kolejíště průmyslového závodu Kovona Karviná na řešenou trať. Dále je proveden návrh nástupiště, přístup na nástupiště a návrh přednádražního prostoru. Vše je navrženo s ohledem na osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Na závěr je uvedena skutečnost realizace tohoto projektu a návrh témat na další práce vzniklých v důsledku řešení této práce.

ANNOTATION:

The content of this thesis is an optimization of traffic on railway line Petrovice u Karviné – Karviná město which was done by an optimization of the railway line itself. First chapters of the thesis contain an introduction of the railway line and of a locality along it. And then there is a description of current and prospective look of the railway line. The optimization itself is solved in two stages. The first stage describes the current technical state of the railway line and its subsequent evaluation and suggestion of appropriate changes and measures. The second stage deals with a reconstruction of a station Karviná město. Part of the reconstruction is a change of rail arrangement which enables effective connection of railroad siding of factory Kovona Karviná to the railway line. And then there is a design of platforms, of access to them and a design of a space in front of the station. Everything is designed with respect to persons with disability and reduced mobility. The reality of reconstruction of this project and suggestion of topics for other thesis which resulted from solution of this thesis are included at the end of the thesis.

Obsah bakalářské práce:

Seznam použitého značení:	1
1. Úvod	2
1.1. Cíle bakalářské práce	2
1.2. Předmět bakalářské práce	2
1.3. Podklady	2
2. Základní údaje o trati	3
2.1. Historie trati a širší vztahy	4
2.1.1. Širší vztahy	4
2.1.2. Výstavba tratí	6
2.1.3. Popis trati	6
2.2. Trať v současnosti	9
2.3. Výhledový stav trati	11
2.3.1. Územní plán města Karviná	11
2.3.2. Síť cyklostezek v okolí žst. Karviná město	13
2.3.3. Systém vlakotramvaje a zavedení osobního provozu na trati	14
3. Technické řešení trati	17
3.1. Technický stav trati	18
3.1.1. Směrové vedení trati	18
3.1.2. Výškové vedení trasy	19
3.1.3. Výhybkové konstrukce	19
3.1.4. Železniční svršek	20
3.1.5. Železniční spodek	22
3.1.6. Křížení s pozemními komunikacemi	24
3.1.7. Traťová rychlost	30
3.2. Vyhodnocení technického stavu trati, návrh změn a opatření	31
3.2.1. Směrové vedení trasy	31
3.2.2. Výškové vedení trasy	33
3.2.3. Výhybkové konstrukce	34
3.2.4. Železniční svršek	34
3.2.5. Železniční spodek	37
3.2.6. Křížení s pozemními komunikacemi	38

3.2.7.	Traťová rychlost	38
4.	Dopravny a železniční stanice	39
4.1.	Zaústění vlečkového provozu do kolejíště SŽDC a jeho uspořádání	40
4.1.1.	Směrové uspořádání	40
4.1.2.	Výškové uspořádání	40
4.1.3.	Výhybkové konstrukce	41
4.2.	Návrh železniční stanice Karviná město	41
4.2.1.	Uspořádání nástupišť	41
4.2.2.	Konstrukce nástupišť	43
4.2.3.	Přístup k nástupištím	44
4.3.	Návrh přednádraží	45
4.3.1.	Příjezdová komunikace	46
4.3.2.	Statická doprava	47
4.3.3.	Komunikace pro pěší	47
4.4.	Stavební úpravy pro osoby se sníženou schopností orientace	49
5.	Závěr	50
6.	Seznamy	51
6.1.	Seznam použité literatury	51
6.2.	Seznam obrázků	53
6.3.	Seznam tabulek	54
6.4.	Seznam výkresů	54
6.5.	Seznam výpočtu (výstup z MS Excel)	55
7.	Přílohy	56
7.1.	Fotodokumentace současného stavu žst. Karviná město	56
7.2.	Vizualizace rekonstrukce žst. Karviná město	59
7.3.	Příloha dokumentů	65
7.4.	Příloha výpočtů (výstup z MS Excel)	73
7.4.1.	Převýšení koleje posudek	73
7.4.2.	Převýšení koleje Varianta A	76
7.4.3.	Převýšení koleje Varianta B	80
7.4.4.	Rozhledy na přejezdech	82
7.4.5.	Výpočet směrového oblouků Varianta A	88
7.4.6.	Výpočet směrového oblouku Varianta B	91

Seznam použitého značení:

SŽDC a SDCO: Správa železniční dopravní cest a správa dopravní cesty Ostrava

žst.: železniční stanice

KFNB: Kaiser Franz Nord Bahn – Severní dráha císaře ferdinanda

TERFN: Trans-European Rail Freight Network – Transevropská síť železniční dopravy

OKD: Ostravskokarvinské doly

1. Úvod

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku optimalizace provozu na železniční trati Karviná město – Petrovice u Karviné v rámci studie. Tato trať je využívána k vlečkovému provozu podniku Kovona Karviná a.s. Vlivem optimalizace dojde k zefektivnění provozu v dopravě Karviná město, k zvýšení provozní rychlosti na trati a k umožnění zavedení osobního provozu na trati.

1.1. Cíle bakalářské práce

Cílem bakalářské práce je zoptimalizovat provoz na trati Karviná město – Petrovice u Karviné. Optimalizace provozu úzce souvisí s optimalizací trati samotné. Dalším cílem je rekonstrukce dopravní Karviná město.

1.2. Předmět bakalářské práce

- Optimalizace směrového řešení
- Optimalizace výškového řešení
- Obnova železničního svršku a kolejového lože
- Návýšení tržové rychlosti
- Návrh zaústění vlečkového provozu
- Návrh nástupišť a přístupu k nástupišťům
- Návrh přednádraží

1.3. Podklady

- Pasport trati
- Uzemní plán města Karviná
- Fotodokumentace

- Ortofotomapa
- Mapy (mapy.cz)
- ZABAGED® - výškopis - grid 10x10 m (cuzk.cz)

2. Základní údaje o trati

Územím Ostravského regionu prochází dvě železniční tratě: trať č. 321 a 320. Jedná se o celostátní dvoukolejně elektrifikované železniční tratě. Trať č. 320 je součástí 3. tranzitního koridoru a je tratí transevropské železniční sítě nákladní dopravy (TERFN) [1]. Součástí trati č. 320 je řešená jednokolejná neelektrifikovaná spojka Petrovice u Karviné – Karviná město. Schéma železniční sítě je znázorněno na obr. 1. a 2.

Trať je v provozu od roku 1898 a dnes slouží k vlečkovému provozu průmyslového podniku Kovona Karviná a.s.. Správcem této spojky je SŽDC Ostrava.



Obr. 1. Schéma železniční sítě s číselným označením tratí [1]



Obr. 2. Schéma železniční sítě s tratí Petrovice u Karviné – Karviná město[2]

Legenda: Řešená trať

2.1. Historie trati a širší vztahy

2.1.1. Širší vztahy

V posledním desetiletí minulého století procházely územím dnešního okresu Karviná dvě významné železniční tepny: Severní dráha císaře Ferdinanda (dále KFNB) a Košicko-bohumínská dráha (dále KBD). Nejdůležitějším železničním uzlem této oblasti byl a je dodnes Bohumín. Úsek KFNB Lipník nad Bečvou - Bohumín byl uveden do provozu dne 1. 5. 1847, úsek Bohumín - Petrovice - Dziedzice dne 17. 12. 1856. Na úseku KBD Bohumín - Karviná -(Český) Těšín byla zahájena pravidelná doprava dne 1. 2. 1869. Pro rozvíjející se průmysl, především těžbu uhlí, měla z uvedených tratí význam hlavně KBD, na níž byla napojena vlečkami většina dolů severní části vznikajícího uhelného revíru.

Z hlediska osobní dopravy měly obě uvedené tratě velký význam a spojovaly oblast prakticky s celou kontinentální Evropou. I když v tehdejšímu uspořádání Rakousko-Uherska nebyly Petrovice pohraniční přechodovou stanicí, zastavovaly zde rychlíky KFNB. Rovněž ve stanici Karviná zastavovaly všechny rychlíky KBD[3].

Na obě rychlíkové stanice se přitom museli obyvatelé Fryštátu dopravovat svými prostředky (koňskými povozy, nebo pěšky). V té době byly již známy svými léčivými účinky i lázně v Darkově. Pro usnadnění dopravy lázeňských hostů zastavovaly vlaky na zastávce Darkov (později Stonava) na KBD. Přesto vznikala nespokojenost s přepravou hostů a jejich zavazadel. Tyto důvody, umocněné ještě rozvojem průmyslu v samotném městě Fryštátě, zřejmě rozhodly o návrhu na vybudování tratě Petrovice - Karviná, jako místní dráhy KFNB[3].

Karviná, kde se nacházela železniční stanice KBD (dnes Karviná-Doly), byla samostatným městem, z něhož do dnešní doby zbyly, při pozdější důlní činnosti zdevastované, jen zbytky původní zástavby. Fryštát byl okresním městem, kde mělo své sídlo okresní hejtmanství (Zemská vláda Slezska sídlila v Opavě). Územně můžeme tehdejší Fryštát zhruba ztotožnit s dnešním obvodem městské části Karviná-Fryštát, ovšem patřila k němu i východní část území dnešního obvodu Karviná-Nové Město (dříve sídliště Stalingrad), dnešní městské obvody Karviná-Hranice a Karviná-Mizerov. Kromě těchto dvou měst zde byly samostatné obce Darkov s tehdy již prosperujícími jódovými lázněmi, Staré Město a Ráj, dnes rovněž městské části Karviné [3].



Obr. 3. Železniční mapa Ostravska rok 1904 [4]

2.1.2. Výstavba tratí

Rozhodnutí o stavbě dráhy bylo schváleno ve Vídni dne 31. 12. 1894. Dne 22. 2. 1895 oznamuje vídeňská vláda okresnímu hejtmanství, že technickým dozorem nad přípravnými pracemi k projektované stavbě je pověřen pan Vilém Hardt. Práce na stavbě mají započít v měsíci březnu.

Dne 12. 5. 1895 - Severní dráha Ferdinandova předložila okresnímu hejtmanství návrh projektu dráhy. Ten byl na hejtmanství vystaven k veřejnému nahlédnutí. Vyhlášky o tom byly rovněž k vyvěšení zaslány okolním obcím.

Dne 29. 5. 1895 - Ohlášení komise o stavbě trati. Komise byla první den v Petrovicích a Starém Městě, další den ve Fryštátě, Ráji, Darkově a v Karviné. Dne 26. 7. 1896 - významný den v historii tratě, protože byla ve Vídni vydána Koncesní listina a Směrnice ke stavbě dráhy. Mj. stanovila max. rychlost na 25 km/hod. a pro zajištění provozu nejméně dvě lokomotivy, které mělo zajistit ministerstvo železnic. V té době však nebyly vhodné lokomotivy pro zajištění provozu na této trati.

Dne 20. 9. 1896 byl předložen projekt tratě. Na ministerstvu železnic byl projekt projednán a po jeho předložení vídeňské vládě byl dne 20.10.1896 schválen. Dne 13.10.1896 byl projekt schválen i říšským ministerstvem války.

Dne 18. 3. 1897 bylo uděleno stavební povolení ke stavbě tratě, na jaře a v letních měsících probíhaly stavební práce v plném proudu, takže pro veřejnost byla trať otevřena jízdou prvního osobního vlaku dne **1. září 1898** [3].

2.1.3. Popis trati

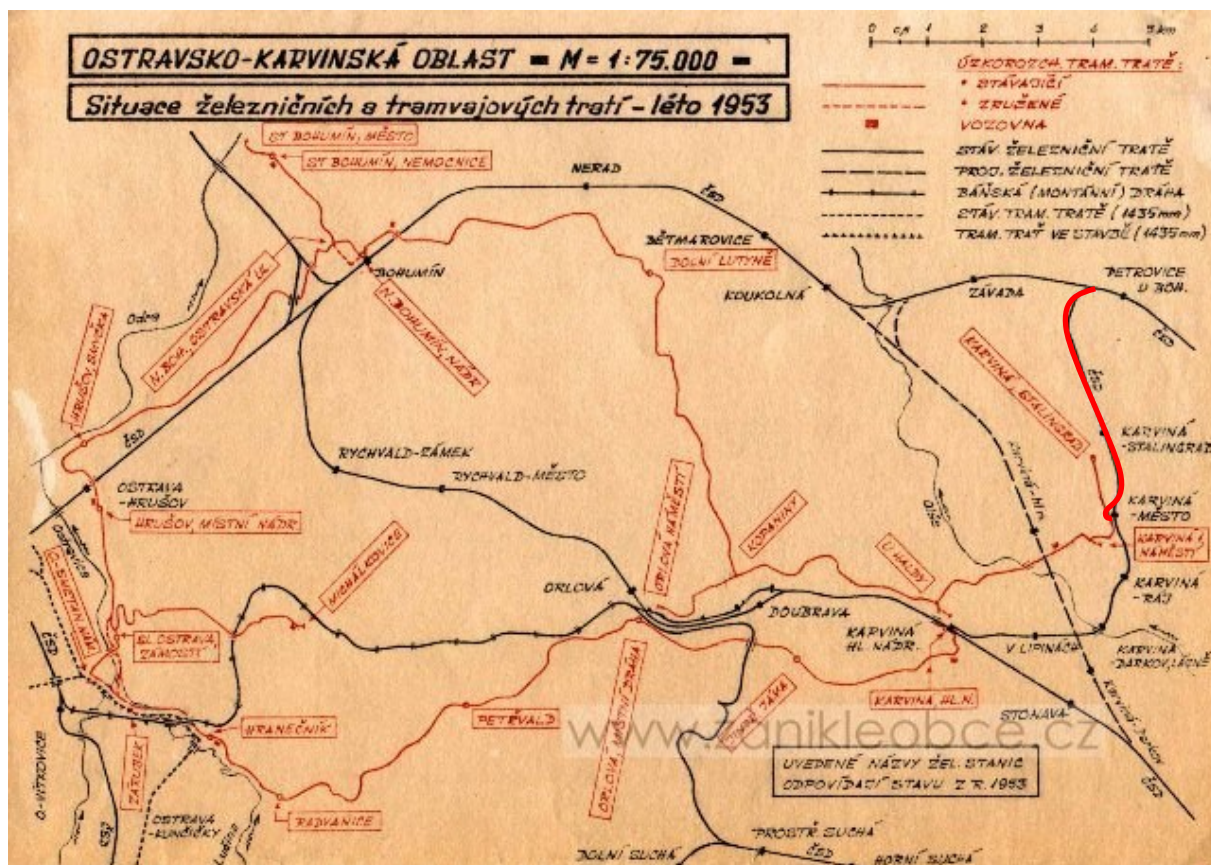
Trať zaústíuje do ž.st. Petrovice u Karviné v km 290,5 trati Vídeň-Krakov. V km 0,6 odbočuje od KFNB. V km 3,1 opouští trať katastr Petrovic. Starým Městem vedla jen okrajem území v km 3,1 - 3,6. Do Fryštátu vstupovala v km 3,6. Mezi km 4,8 - 5,1 byla projektována stanice. Měla mít dvě koleje dopravní a jednu kolej skladištní, přijímací budovu s příjezdem k ní ze silnice Fryštát-Petrovice. Dnes zde končí již zmíněná vlečka z Petrovic u Karviné. Do obce Ráj vstupovala trať v km 6,0. Dále trať vedla úrovnovým přejezdem přes dnešní Palackého ulici, podél dnes ještě částečně zachovalé řady jírovců a líp, dále pak zhruba do prostoru, kde dnes na sídlišti stojí dům č.p. 2363 [3].

V roce 1944 německé úřady sloučily okresní město Fryštát s okolními obcemi v jedno město s názvem Karwin-Freistadt. Po druhé světové válce bylo toto sloučení obnoveno, ale již pod názvem Karviná. V květnu 1945 při osvobozování města Rudou armádou byla tato místní dráha dějištěm bitev. Německá armáda v blízkosti městské části Vagónka trhala koleje pomocí speciálního vlaku taženého parní lokomotivou. Na zachovaném úseku Petrovice u Karviné - Karviná město byla pravidelná osobní doprava zastavena 26. května 1962.[6].



Obr. 4. ŽST Karviná-Fryštát (Město) spolu s železárnou (Kovona Karviná) [4]

Po zahájení provozu na trati patřily lokomotivy na místní dráze pod správu výtopny v Přívoze. Nejdříve zde byly nasazovány parní lokomotivy řady 197 dle rakouského označení, po r. 1918 u ČSD jako řada 310.1, viz. Obr6 (zřejmě některé z lokomotiv 310.109 až 116). Od r. 1932 se na trati začaly objevovat motorové vozy řad: M 122.0, M 120.4, M131.1, viz.vobr.7, v dnešní době pouze lokomotivy řady 742 - "kocour". Kromě již zmíněných řad zde zajížděly i jiné lokomotivy, zvláště po provedené reorganizaci odvětví lokomotivního hospodářství, kdy po zestátnění drah vznikla samostatná výtopna v Novém Bohumíně. Tyto parní lokomotivy však již nebyly pro provoz na trati typické [3].



Obr. 5. Situace železničních a tramvajových tratí na Ostravsko-Karvinsku k roku 1953 [4]

Legenda:  Řešená trať



Obr. 6. Parní lokomotiva 310._ [5]



Obr. 7. Motorový vůz M 131.1_ [5]

2.2. Trať v současnosti

Na zrušené části trati se do současnosti zachovala se řada objektů, které bývalou místní dráhu připomínají. Ze zastávky Karviná-Darkov lázně viz. Obr.8, na ulici Lázeňská je dnes rodinný domek viz. obr.9 , zastávka Ráj na ulici Fryštátská je prodejnou květin, z části tratě v Lázeňském parku, včetně bývalého železničního mostu přes říčku Mlýnku, je chodník. Po celé trati, ať už zrušené či stávající části, jsou dochovány samostatně stojící hektometrovníky. Asi nejviditelnějším je hektometrovník s údajem 66. Nachází se v těsné blízkosti bývalého železničního mostu přes Mlýnku v Lázeňském parku a udává vzdálenost od stanice Petrovice u Karviné – 6,6 km. Stanice Fryštát (dnes Karviná město) včetně historické továrničky (Blumenthalova šroubárna), která je na nádraží napojena vlečkovou kolejí, je v zachovalém stavu.[6]

V současné době je nádraží Karviná město koncové, trať bývalé karvinské místní dráhy končí asi 200 m za stanicí. Nádraží je spojeno zachovalou částí tratě do stanice Petrovice u Karviné. Denně zde projíždí několik párů manipulačních vlaků. Několikrát se vedla diskuze o opětovném zavedení osobní dopravy na trati. Stanice je situovaná v centru města, nedaleko

památkové zóny a zámku Fryštát. Jeden den v roce, v den konání městského svátku (červen) se na trati konají jízdy parního vlaku [6].



Obr. 8. Zastávka Karviná-Darkov lázně (dobová fotografie) [4]



Obr. 9. Zastávka Karviná-Darkov lázně (nyní) [4]

2.3. Výhledový stav trati

Trat' bude v budoucnu dále sloužit k obsluze průmyslového závodu Kovona-Karviná, ale počítá také s napojením stávajícího úseku do uvažovaného systému Ostravsko-Karvinské vlakotramvaje. Tento systém by měl být obdobou úzkorozchodného systému tratí z 50. let minulého století.

2.3.1. Územní plán města Karviná

Současný vlečkový systém umožňuje výhledově napojit Karvinou na připravovaný systém vlakotramvaje v rámci integrovaného dopravního systému ostravské aglomerace, jehož kostrou je současný vlečkový systém Ostravsko – Karvinské oblasti do něhož spadá i uvažovaná trat' [1]:

- v rezervě je navržena tramvajová trat' s napojením řešeného území na vlečku Ostrava – Orlová, která je trasována ve stabilizovaných či návrhových plochách pro dopravní infrastrukturu
- celý vlečkový systém v budoucnu využít i pro veřejnou kolejovou dopravu, ať již na bázi pravidelné dopravy nebo na bázi dopravy jako atrakce cestovního ruchu [1]

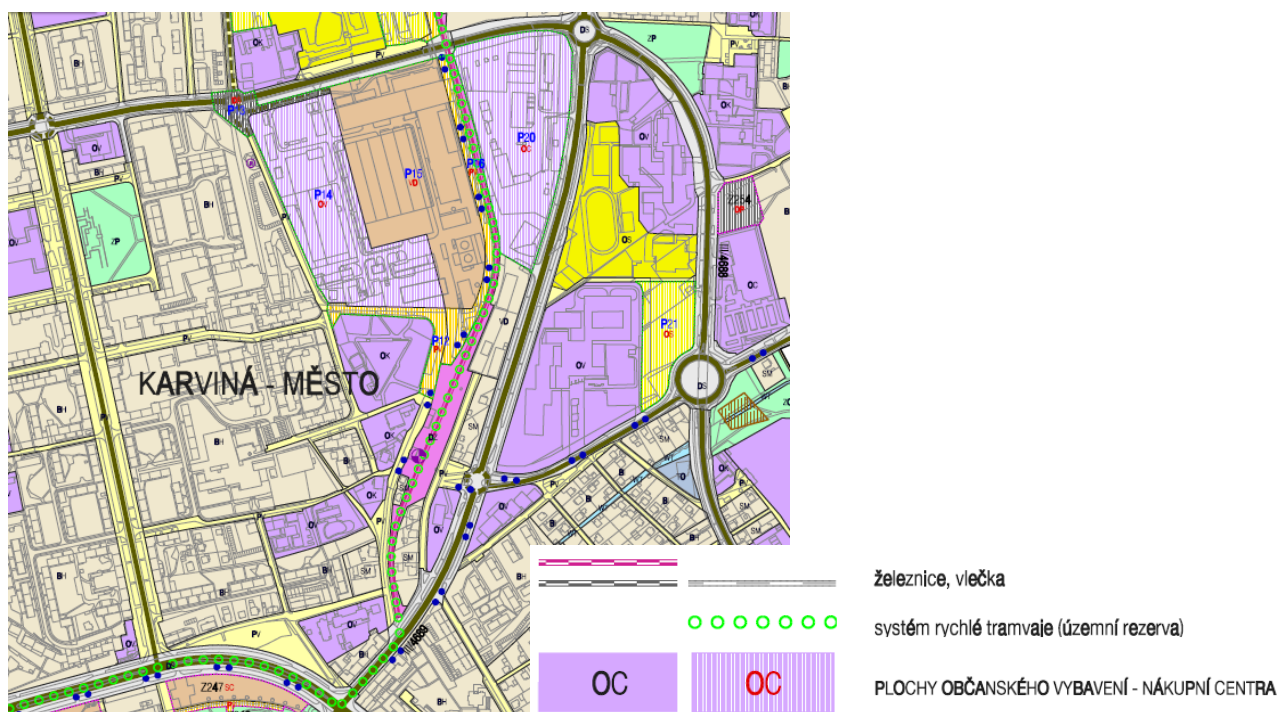
ÚP navrhuje obnovení stanice Karviná – město na trati č.320 do Petrovic u Karviné. i pro osobní dopravu. Záměr nevyžaduje návrh nových ploch, počítá se zprůchodněním nádraží pro pěší a cyklisty mezi ulicí Žižkovou a Palackého[1].

Územní plán dále uvažuje s výstavbou obchodního centra na místě areálu bývalé vagónky prostoru křížení ulic Rudé Armády a Havířské. Vagónka sloužila k provozu trati Petrovice u Karviné – Karviná město. Tato vagónka do nedávna sloužila jako ubytovací prostory pro sociálně slabé občany jak uvedl místní občan. Tato vagónka byla v roce 2010 odstraněná a vznikla tak dobře přístupná plocha pomocí silniční sítě, pěších komunikací a po znovuzavedení osobního provozu na trati i pomocí železniční sítě. Železniční stanice Karviná město leží cca. 500 m od této lokality.

Širší situace tohoto území je zobrazena na následující mapě obr. 10 a 11. Výše uvedená místa jsou vyznačena červeně. Celý výkres územního plánu je obsažen ve výkresové části.



Obr. 10. Situace širších vztahů v blízkosti ž.st. Karviná město (zdroj: Google Earth)



Obr. 11. Výřez z územního plánu města Karviná

2.3.2. Síť cyklotezek v okolí žst. Karviná město

Žst. Karviná město je strategicky umístěna v centru města poblíž památkové zóny. Zde se taktéž sbíhá rozsáhlý systém cyklotezek, které směřují ke všem strategickým místům v okolí viz obr. 12, mezi něž patří:

- staré a nové lázně Darkov, které jsou celosvětově známy a vyhledávány díky svým iodobromovým pramenům,
- památková zóna Karviná Fryštát se stejnojmenným zámek (bývalé sídlo hraběcí rodiny Larisch von Mönnich, jejichž hrobka je umístěná v bývalém zámeckém parku, dnes park Boženy Němcové)
- ZOO Koutek v parku Boženy Němcové
- místní černouhelné doly: důl Karviná závod ČSA, důl Darkov
- bývalé kaliště dolu Darkov, dnes již po rozsáhlé sanaci, v budoucnu plánované k využívání jako přírodní koupaliště



Obr. 12. Výřez z turistické mapy (zdroj: mapy.cz)

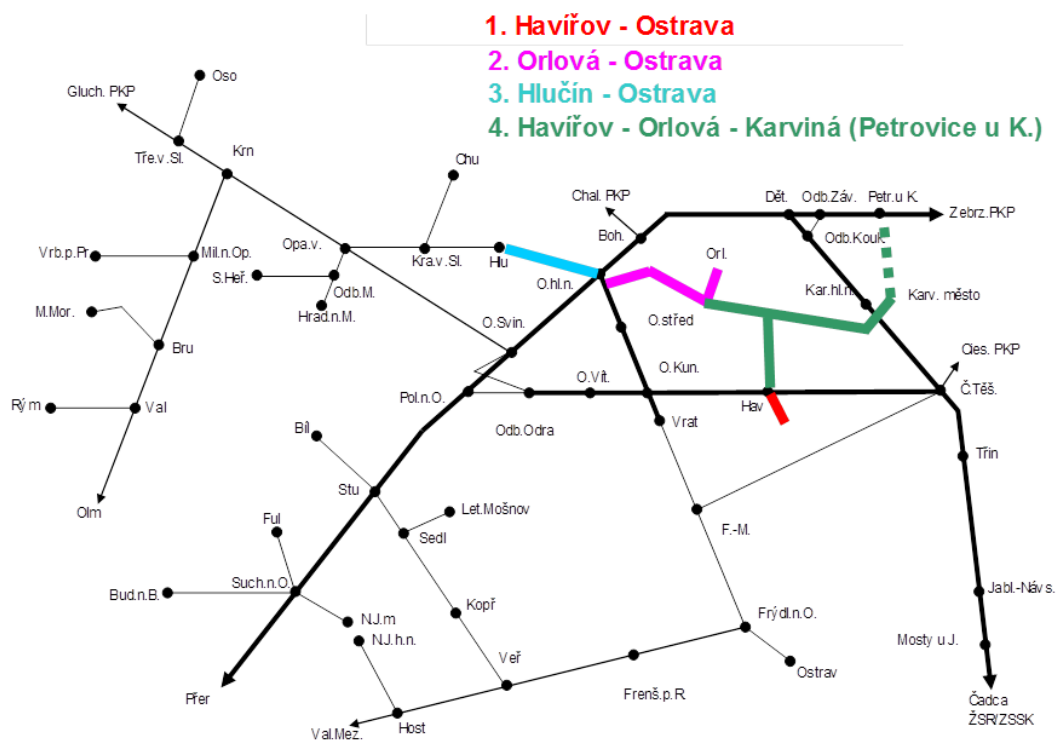


Obr. 12. Legenda k výřezu z turistické mapy (zdroj: mapy.cz)

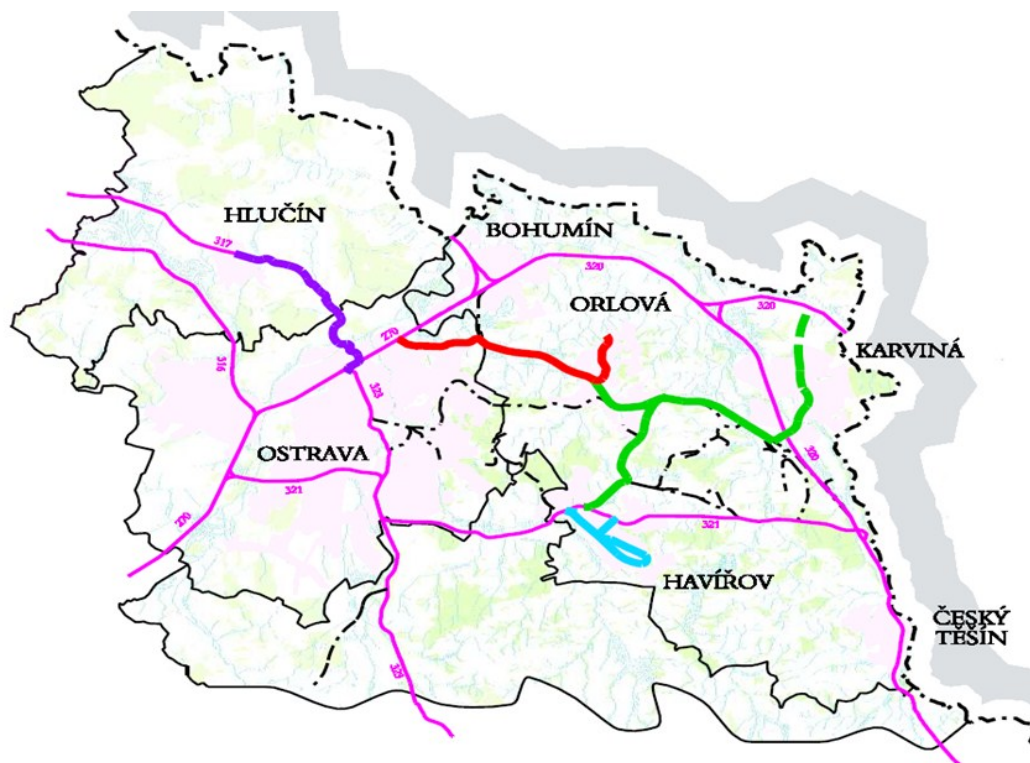
2.3.3. Systém vlakotramvaje a zavedení osobního provozu na trati

System vlakotramvaje na Ostravsku jsou společným rysem několika projektů či záměrů, které mají řešit dopravu v ostravské aglomeraci. Navazují na tradici úzkorozchodných příměstských drah v oblasti. Uvažuje se o tramvajích, které by mohly přecházet z ostravské městské tramvajové sítě na celostátní železniční síť. Na Ostravsku je tato myšlenka reálnější než v okolí jiných českých měst s tramvajovou dopravou, protože ostravská tramvajová síť jako jediná v republice používá kolejnice s profilem podobným železničnímu a tomu odpovídají i okolky tamějších tramvajů. Využít lze i některé ze zdejší rozsáhlé sítě železničních tratí (včetně vleček OKD) [7]. Problém s nasazením vlakotramvajů je blíže popsán v dokumentu „Využití vícesystemové kolejové dopravy (tramtrain) v obslužnosti území“ v příloze dokumentů.

Společnosti Dopravní projektování spol. s r.o. a Kodis, zpracovali „Posudek provozně-technických možností uplatnění systému lehké kolejové dopravy v Moravskoslezském kraji“ jehož součástí byly výsledky přepravních relací kolejové dopravy mezi městy Ostrava, Orlová, Havířov, Karviná, Frýdek-Místek, Český Těšín a Bohumín. Z výsledku jsou patrné nepokryté přepravní relace mezi městy Havířov – Ostrava, Orlová – Ostrava, Hlučín – Ostrava, Havířov – Orlová – Karviná (Petrovice u Karviné) viz. obr. 13. Na základě těchto výsledků bylo navrženo doplnění kolejové sítě v místech těchto relací, viz. obr. 14. Doplnění sítě počítá s využitím stanice Karviná město a řešené tratí do Petrovic u Karviné.



Obr. 13. Nepokryté přepravní relace kolejovou dopravou
(zdroj: výsledky Dopravního Projektování, s.r.o. a Kodis)



Obr. 14. Doplnění kolejové sítě
(zdroj: výsledky Dopravního Projektování, s.r.o. a Kodis)

Provozní hlediska i hlediska stavebních nákladů vedla k volbě varianty „střed“. Je zvažována jak varianta společného provozu osobní i nákladní dopravy na jednokolejně trati s výhybnami, tak varianta s rozšířením stávajícího železničního spodku, po němž by byly vedeny samostatně dvě jednokolejné tratě, jedna jen pro nákladní dopravu a druhá (s výhybnami) jen pro vlakotramvaje. Návrhová rychlost vlakotramvajové tratě mimo zastavěné území je 80 km/h a minimální poloměr oblouku 190 m, ve městě rychlost 50 km/h a minimální poloměr oblouku 50 m. Vzdálenost výhyben má v celé trase umožňovat interval 7,5 minuty. V běžném provozu se počítá v meziměstském úseku s minimálním intervalem 15 minut [7].

Navržen byl provoz dvousystémových elektrických vozidel (600 V / 3000 V stejnosměrného napětí) o šířce 2,65 metru s podlahou ve výšce 350 mm nad temenem kolejnice. Základní jednotka by měla délku 40 metrů (kapacita 170 cestujících) [7]. Těmto nárokům vyhovuje například vlakotramvajová souprava Siemens S70, v Evropě označována jako Avanto, viz obr.15. Technické parametry jsou uvedené v tab. 1. Pro provoz v období nižších přepravních nároků a pro vložené spoje v Orlové by byly určeny kratší jednotky o délce 20 metrů (kapacita 75 cestujících). Nasazení těchto souprav si však vyžaduje elektrifikaci trati. Projekt může být upraven i pro variantu jedno systémových vozidel, ať už elektrických tramvají např. zn. Škoda Forcity viz příloha obrázků, nebo lehkých železničních vozidel nezávislé dieselové trakce typu Regionova.



Obr.15. Vlakotramvajová souprava Siemens S70 Avanto [8]

Avanto S 70 (Siemens)

Délka	37 000 mm
Šířka	2 650 mm
Výška (se staženým sběračem)	3 520 mm
Rozchod	1 435 mm
Počet náprav	8
Uspořádání dvojkolí	Bo' 2 2 Bo'
Maximální rychlost	105 km/h
Počet trakčních motorů (asynchronní)	4
Trakční výkon	800 kW
Výška podlahy nad TK	381 mm
Podíl nízkopodlažní části	80 %
Míst k sezení	80
Míst ke stání (4 osoby na 1 m ²)	162

Tab. 1. Technické parametry Siemens S70 Avanto [9]

Vzhledem k územnímu plánu, síti cyklostezek, okolí a systému vlakotramvaje je nevyhnutelné zavést na trati osobní provoz, což si vyžaduje návrh nástupiště, či zastávky ve stanici Karviná město a umožnit k němu bezpečný přístup pro pěší a pro cyklisty. Zavedení osobního provozu na trati ulehčí provozu na trase z Karviné Fryštát do Petrovic u Karviné a sníží dobu potřebnou pro cestování. Dále přinese nové možnosti pro turistiku, cykloturistiku či obchod.

3. Technické řešení trati

Technické řešení trati je plně závislé všech jeho součástech a všechny se plně podílejí na výsledném stavu trati, proto je nutné jej řešit komplexně. Všechny návrhové prvky trati jsou navrhovány a posuzovány dle platných technických norem a předpisů, s ohledem na požadavky budoucího smíšeného provozu.

3.1. Technický stav trati

Podle poskytnutých pasportizací byla poslední větší technická údržba provedena v roce 1991. Od té doby byla na trati prováděna pravidelná drobná údržba nutná ke stávajícímu provozu.

3.1.1. Směrové vedení trati

Počátek trati začíná staničením 0,481 km. Toto staničení značí vzdálenost od stanice Petrovice u Karviné.

- 0,481 km – 0,606 km: mezipřímá délky 125m
- 0,606 km – 0,884 km: levostranný oblouk se symetrickými přechodnicemi o $R_1=197\text{m}$
- 0,884 km – 1,042 km: mezipřímá délky 157,55m
- 1,042 km – 1,172 km: levostranný oblouk s nesymetrickými přechodnicemi o $R_2=240\text{m}$
- 1,172 km – 1,290 km: pravostranný oblouk s nesymetrickými přechodnicemi o $R_3=300\text{m}$
- 1,290 km – 1,457 km: levostranný oblouk s nesymetrickými přechodnicemi o $R_4=210\text{m}$
- 1,457 km – 1,619 km: mezipřímá délky 161,9 m
- 1,619 km – 1,775 km: levostranný oblouk se symetrickými přechodnicemi o $R_5=470\text{m}$
- 1,775 km – 4,652 km: mezipřímá délky 2.877km
- 4,652 km – 4,781 km: pravostranný oblouk o $R_6=200\text{m}$
- 4,781 km – 5,145 km: mezipřímá délky 364,03m
- 5,145 km – 5,280 km: levostranný oblouk o $R_7=180\text{m}$
- 5,280 km: konec trati

Celková délka tratí se rovná 4,799 85 km.

Průběh směrového vedení trasy je obsažena ve výkresové části ozn. V1-Přehledná situace.

3.1.2. Výškové vedení trasy

Trat' je vedena ve středně členitém terénu. Maximální výškový rozdíl v trase je 15,5 m. Prvních 1,2 km tratě je vedeno v násypu, který v nejvyšším místě dosahuje výšky až 6 m. Dále pak trat' kopíruje stávající terén. Vycházelo se z dat poskytnutých ČUZK. Ve vrstevnicovém plánu jsou na první pohled patrné trasy železničních tratí.

V celé délce trati je obsaženo 15 výškových oblouků. Z toho 8 vypuklých a 7 vydutých. Poloměry těchto oblouků se pohybují v rozmezí od 2500m – 7500m. Minimální sklon trati je -0,5 ‰. Maximální sklon je roven 21,3 ‰. Rozdíl počáteční a koncové výšky nivelety je 9,80 m. Průběh nivelety v celé délce trati je znázorněn přehledným podélným profilem V3 obsaženým ve výkresové části.

3.1.3. Výhybkové konstrukce

Na trati se vyskytuje 6 výhybkových konstrukcí, z nichž 3 jsou součástí dopravní Karviná město a zbývající 3 slouží k napojení průmyslových závodů na řešenou trať. Výhybky jsou označeny písmenem V a arabskou číslicí dle pořadí ve směru staničení.

Výhybky V1 – V3 jsou soustavy S49 a V5 – V6 soustavy T.

Seznam výhybek:

- V1: 1,800 km: JS49 – 1:7,5 – 190 ($a = b = c = 12,611\text{m}$), pravá
- V2: 4,058 km: JS49 – 1:7,5 – 190 ($a = b = c = 12,611\text{m}$), pravá
- V3: 4,397 km: JS49 – 1:9 – 190 ($a = b = 10,523\text{m}$, $c = 16,615\text{m}$, $d = 6,092\text{m}$), pravá
- V4: 4,535 km: JT – 6°; – 190 ($a = 11,712\text{m}$, $b = 17,842\text{m}$, $c = 18,642\text{m}$), levá
- V5: 5,106 km: JT – 6°; – 190 ($a = 11,712\text{m}$, $b = 17,842\text{m}$, $c = 18,642\text{m}$), pravá
viz obr. 16.
- V6: 5,136 km: JT – 6°; – 190 ($a = 11,712\text{m}$, $b = 17,842\text{m}$, $c = 18,642\text{m}$), levá

Výhybky jsou osazeny ručními přestavníky a opatřeny hákovými závěry. Jsou plně funkční a pravidelně udržovány. Nynější výhybky byly na trať osazeny v letech 1972 a 1991.



Obr. 16. Výhybka V5 v dopravě Karviná město (zdroj: vlastní fotodokumentace)

3.1.4. Železniční svršek

Železniční svršek je tvořen tradiční konstrukcí kolejového roštu, uloženém v kolejovém loži tvořeným drceným kamenivem. Kolejnice jsou nepřímo upevněny k pražcům jedním druhem upevňovadel k podkladnicím a druhým k pražcům.

Kolejnice:

Na trati se vyskytují širokopatní kolejnice typu S49 a ve výhybkách V4 – V6 typu T. Při pozorném prozkoumání byly zjištěny vady kolejnic. Na pravidelně pojížděných kolejnicích dochází ke zvlnění temene hlavy kolejnice, místy lze vyzorovat i deformaci kolejnice v příčném směru viz obr. 17.



Obr. 17. Deformovaná kolej – výřez ze snímku v plné velikosti (zdroj: vlastní fotodokumentace)

Červená přímka slouží ke znázornění deformaci kolejnic

Upevnění kolejnic:

Kolejnice jsou na pražce připevněny pomocí podkladnic. Vyskytují se zde podkladnice rozponové s T svěrkami a žebrové podkladnice s ŽS svěrkami a svěrkovými šrouby. Podkladnice jsou k pražcům připevněny pomocí vrtulí. Upevnění kolejnic je znázorněno na obr. 18.



Obr. 18. Upevnění kolejnic pomocí žebrové podkladnice vlevo a rozponové vpravo (zdroj: vlastní fotodokumentace)

Kolejnicové podpory:

Jako kolejnicové podpory jsou zde použity příčné pražce. V dopravně Karviná město jsou místy použity pražce dřevěné viz. obr. 18, 19, poměrně zachovalé bez vážných poruch. Dále se zde vyskytují i pražce ocelové „korýtkové“ viz obr. 20, na části koleje napojující kolejiště soukromého závodu na vlečkovou kolej. V současné době se již kolej nevyužívá. Na zbytku tratě jsou použity železobetonové pražce typu SB5.



Obr. 20. Ocelové pražce na části nevyužívané koleje (zdroj: vlastní fotodokumentace)

3.1.5. Železniční spodek**Těleso železničního spodku:**

Těleso železničního spodku je do 1,200 km převážně tvořeno násypovým zemním tělesem max. výšky 6 m, dále trať kopíruje stávající terén. Jednotlivé konstrukční vrstvy tělesa nejsou známy.

Stavby železničního spodku:

Propustky – na trase se vyskytuje 15 propustků. Dva z nich jsou uvedeny na obr. 21. a 22. Propustky jsou tvořeny ŽB. kruhovými troubami TZR. Propustky zde plní funkci

odvodnění srážkových vod od zemního tělesa a převádějí vodu z příkopů z jedné strany tratě na druhou při křížení tratě s pozemními komunikacemi. Většina propustků je špatně přístupná z důvodu zarůstu hustou vegetací. Není tudíž vyloučeno že jsou některé propustky špatně průtočné či ucpané.



Obr. 21. ŽB. trubní propustek na 1,875 km (zdroj: fotodokumentace SDC Ostrava)



Obr. 22. Zarostlý ŽB. trubní propustek na 2,042 km (zdroj: fotodokumentace SDC Ostrava)

Opěrné, zárubní, obkladní zdi - na řešené trati se tyto konstrukce nevyskytují.

Zařízení železničního spodku:

Nástupiště a rampy – v žst. Karviná město se vyskytuje rampa, která je v současnosti zarostlá vegetací a nevyužívá se.

Zarážedla – na konci řešené trati (staničení: 5,280 km) je umístěno kolejnicové zarážedlo viz obr. 23.



Obr. 23. Kolejnicové zarážedlo na koci trati (zdroj: vlastní fotodokumentace)

Oplocení a zábradlí - žst. Karviná město je oplocena plotem z úhelníků a vlnitého plechu, místy se plech již nevyskytuje. Přístup do kolejiště je umožněn brankou po pravé straně staniční budovy na ulici Palackého a branou, nyní uzamčenou, z ulice Rudé Armády.

Osvětlení – na trati se vyskytuje, ale je nefunkční.

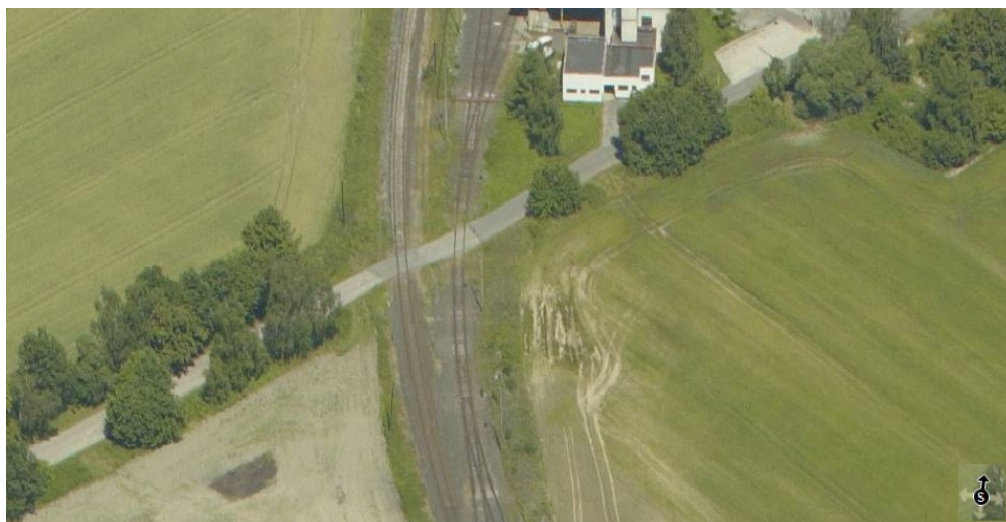
Další stavby a zařízení se na trati nevyskytují.

3.1.6. Křížení s pozemními komunikacemi

V daném území dochází ke křížení trati s pozemními komunikacemi. Tyto křížení jsou provedena jako úrovnňová i mimoúrovňová. Všechny přejezdy jsou opatřeny výstražným křížem (svislé dopravní značení A32a, A32b u dvoukolejného přejezdu) v kombinaci se značkou P6 „Stůj dej přednost v jízdě”.

- **1,688 km** – úrovnňové křížení s místní účelovou komunikací Petrovice u Karviné
Křížení je provedeno jako dvoukolejný přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem. Maximální rychlost na pozemní komunikaci je 20 km/h a na trati 40 km/h.

Přejezd je situován ve směrovém oblouku trati. Situace přejezdu viz obr. 24.



Obr. 24. Dvoukolejný přejezd 1,688 km (zdroj: mapy.cz)

- **1,879 km** - úrovně křížení s polní účelovou komunikací. Vozovka je šterková. Křížení je provedeno jako jednokolejný přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem. Situace přejezdu viz obr. 25.

Přejezdová konstrukce:

Délka přejezdu	: 5 m
Šířka přejezdu	: 5 m
Úhel křížení s pozemní komun.	: 40 °
Přejezdová konstrukce	: Živičná konstrukce
Stavební délka přejezd. konstr.	: 5 m

Dopravní údaje:

Největší traťová rychlost	: 40 km/h
Prům. intenzita provozu na železniční trati:	8 vl. / 24 h

Železniční svršek na přejezdu:

Kolejnice - soustava svršku	: S49
Upevnění - podkladnice/svěrky	: ZP - žebrové / pevné
Rozchod	: N - 1435

Pražce a jiné podpěry - druh : beton
 Typ pražců : SB5 - betonový
 Rozdělení pražců : 674

Směrové a sklonové poměry koleje na přejezdu:

Směrové poměry : Přímá část
 Sklon před přejezdem : -4,65 promile
 Sklon za přejezdem : -4,65 promile

Rozhledové poměry dle : ČSN 73 6380 z roku 2004

	vlevo		vpravo	
Délka rozhledu předepsaná (m)	Dz = 25 m		Dz = 25 m	
Délka rozhledu dosažená (m)	Dz = 25 m		Dz = 25 m	
	vlevo		vpravo	
Rozhled. Délka předepsaná (m)				
- od začátku trati *	Lp = 259 m		Lp = 260 m	
- od konce trati *	Lp = 259 m		Lp = 260 m	
Rozhled. Délka dosažená (m)				
- od začátku trati *	Lp = 260 m		Lp = 260 m	
- od konce trati *	Lp = 450 m		Lp = 450 m	

Tab. 2. Rozhledové poměry na přejezdu 1,879 km



Obr. 25. Jednokolejný přejezd 1,879 km (zdroj: mapy.cz)

- **2,895 km** - úrovnňové křížení s místní účelovou komunikací Petrovická

Křížení je provedeno jako dvoukolejný přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem.

Maximální rychlost na pozemní komunikaci je 20 km/h a na trati 40 km/h.

Přejezd je situován v přímé trati. Situace přejezdu viz obr. 26.

Přejezdová konstrukce:

Délka přejezdu	: 5 m
Šířka přejezdu	: 5 m
Úhel křížení s pozemní komun.	: 50 °
Přejezdová konstrukce	: Živičná konstrukce
Stavební délka přejezd. konstr.	: 5 m

Dopravní údaje:

Největší traťová rychlost : 40 km/h

Prům. intenzita provozu na železniční trati: 14 vl. / 24 h

Železniční svršek na přejezdu:

Kolejnice - soustava svršku	: S49
Upevnění - podkladnice/svěrky	: ZP - žebrové / pevné
Rozchod	: N - 1435
Pražce a jiné podpěry - druh	: beton
Typ pražců	: SB5 - betonový
Rozdělení pražců	: 674

Směrové a sklonové poměry koleje na přejezdu:

Směrové poměry	: Přímá část
Sklon před přejezdem	: -3,10 promile
Sklon za přejezdem	: -3,10 promile

Rozhledové poměry dle : ČSN 73 6380 z roku 2004

Délka rozhledu předepsaná (m) Délka rozhledu dosažená (m)	vlevo		vpravo	
	Dz = 25 m		Dz = 25 m	
	Dz = 10 m		Dz = 10 m	
Rozhled. Délka předepsaná (m) - od začátku trati * - od konce trati *	vlevo		vpravo	
	Lp = 246 m		Lp = 245 m	
	Lp = 246 m		Lp = 245 m	
Rozhled. Délka dosažená (m) - od začátku trati * - od konce trati *	Lp = 250 m		Lp = 250 m	
	Lp = 250 m		Lp = 250 m	
	Lp = 250 m		Lp = 250 m	

Tab. 3. Rozhledové poměry na přejezdu 2,895 km



Obr. 26. Jednokolejný přejezd 2,895 km - Petrovická (zdroj: mapy.cz)

- 3,058 km** - úrovnňové křížení s místní účelovou komunikací Petrovická
 Křížení je provedeno jako dvoukolejný přejezd zabezpečený pouze výstražným křížem.
 Maximální rychlost na pozemní komunikaci je 20 km/h a na trati 40 km/h.
 Přejezd je situován v přímé trati. Situace přejezdu viz obr. 27.

Přejezdová konstrukce:

Délka přejezdu	: 5 m
Šířka přejezdu	: 5 m
Úhel křížení s pozemní komun.	: 50 °
Přejezdová konstrukce	: Živičná konstrukce
Stavební délka přejezd. konstr.	: 5 m

Dopravní údaje:

Největší traťová rychlost	: 40 km/h
Prům. intenzita provozu na železniční trati:	14 vl. / 24 h

Železniční svršek na přejezdu:

Kolejnice - soustava svršku	: S49
Upevnění - podkladnice/svěrky	: ZP - žebrové / pevné
Rozchod	: N - 1435
Pražce a jiné podpěry - druh	: beton
Typ pražců	: SB5 - betonový
Rozdělení pražců	: 674

Směrové a sklonové poměry koleje na přejezdu:

Směrové poměry	: Příímá část
Sklon před přejezdem	: -3,10 promile
Sklon za přejezdem	: -3,10 promile

Rozhledové poměry dle : ČSN 73 6380 z roku 2004

	vlevo		vpravo	
Délka rozhledu předepsaná (m)	Dz = 25 m		Dz = 25 m	
Délka rozhledu dosažená (m)	Dz = 10 m		Dz = 10 m	
	vlevo		vpravo	
Rozhled. Délka předepsaná (m)				
- od začátku trati *		Lp = 246 m		Lp = 245 m
- od konce trati *		Lp = 246 m		Lp = 245 m
Rozhled. Délka dosažená (m)				
- od začátku trati *		Lp = 250 m		Lp = 250 m
- od konce trati *		Lp = 250 m		Lp = 250 m

Tab. 4. Rozhledové poměry na přejezdu 3,058 km



Obr. 27. Jednokolejný přejezd 3,058km - Petrovická (zdroj: mapy.cz)

Fotodokumentace přejezdů je uvedena v příloze obrázků. Schématické výkresy se zobrazením rozhledových poměrů jsou obsaženy ve výkresové části V__.

- Mimoúrovňové křížení se silnicí III. třídy - Havířská. Křížení je řešeno pomocí třípólové železobetonové mostní konstrukce, na níž silnice spočívá.

3.1.7. Traťová rychlost

Současná traťová rychlost je omezena na 40 km/h. Tato rychlost je hlavně ovlivněna směrovými rozhledy na nezabezpečených přejezdech (vycházíme z toho, že výstražný kříž není dostatečný stupeň zabezpečení), které jsou navrženy na traťovou rychlost 40 km/h. Přejezd na 3,058 km počítá s traťovou rychlostí jen 30 km/h. V přímých úsecích – 2, je umožněn provoz námi požadovanou traťovou rychlostí 80 km/h. V současných poměrech je tato rychlost nedosažitelná, z důvodu opětovného zpomalování na úsecích s nižší traťovou rychlostí. Současný průběh traťové rychlosti v celé délce trati je zobrazen ve výkresové části V4.1.

3.2. Vyhodnocení technického stavu trati, návrh změn a opatření

Všechny změny a opatření jsem navrhl dle platných norem (ČSN 73 6360) a předpisů s ohledem na výhledový smíšený provoz železničních nákladních vozidel a vlakotramvajových souprav.

3.2.1. Směrové vedení trasy

Provoz vlakotramvajových souprav na trati počítá s provozní rychlostí 80 km/h. Současné směrové vedení neumožňuje provoz touto rychlostí, proto je nutné směrové vedení zoptimalizovat. Byly zpracovány dvě varianty úprav A a B, které provoz s rychlostí 80 km/h umožní. Obě varianty souvisí se zjednodušením směrových poměrů v prvních 2 km trati, kde se vyskytuje kombinace čtyř stejnosměrných a jednoho protisměrného oblouku. Varianty uvažují s napojením na vstupní tečnu 1. oblouku a výstupní tečnu 5. oblouku.

- **Varianta A:**

Varianta A je konzervativní a počítá s využitím současného zemního tělesa násypu. Bude však nutné stávající násyp v některých místech rozšířit. Při patě násypu leží soukromí pozemek s průmyslovou halou. I po rozšíření nebude násypové těleso do pozemku zasahovat. Varianta nahrazuje současné uspořádání směrových oblouků dvěma stejnosměrnými levostrannými přechodnicovými oblouky o $R_1=350$ m, $L_1=70$ m, a $R_2=700$ m, $L_2=52$ m s mezipřímou délky 72,89 m. Norma ČSN 73 6360 viz tab. 4 požaduje mezipřímou minimální délky $0,25V_n = 20$ m. Tuto podmínku jsme tedy splnili. Varianta A se na původní trasu trati napojuje ve staničení 1,775 83 km. Koncová tečna bude prodloužena o 19,974 m. Využitím varianty A dojde ke zkrácení trati o 11,56 m. Přehledná situace je uvedena ve výkresové části V2.1.

Rychlost [km/h]	$L_{s,lim}$ [m]	$L_{s,min}$ [m]
$V \leq 50$	$0,25 \cdot V$	$0,20 \cdot V^a$
$50 < V \leq 120$	$0,25 \cdot V$	$0,20 \cdot V^b$
$120 < V \leq 230$	$0,50 \cdot V$	$0,25 \cdot V$
$230 < V \leq 300$	$0,75 \cdot V$	$0,30 \cdot V$
^a nejméně však 6 m		
^b nejméně však 15 m		

Tab. 5. Minimální délka mezipřímé nebo kružnicové části oblouku pro koleje průběžné trat'ové a hlavní staniční [10]

V oblouku 1 jsem dle ČSN 73 6360 navrhl doporučené převýšení kolejnic $p_d = 100$ mm (20 -150 mm) pro návrhovou rychlost 70 km/h. S nedostatkem převýšení $I = 116$ mm (< 130 mm, dle ČSN 73 6360 tab. 1) lze bezpečně dosáhnout požadované rychlosti 80 km/h. V oblouku bude možno bezpečně zastavit při přebytku převýšení $E = 100$ mm (< 110 mm, dle ČSN 73 6360). Lineární vzestupnici jsem navrhl na délku přechodnice $L_1 = 70$ m, sklon vzestupnice bude 1,43 ‰.

V oblouku 2 jsem dle ČSN 73 6360 navrhl doporučené převýšení kolejnic $p_d = 65$ mm (20 -150 mm) pro návrhovou rychlost 80 km/h. S nedostatkem převýšení $I = 128$ mm (< 130 mm, dle ČSN 73 6360 tab. 1) lze bezpečně dosáhnout rychlosti 107 km/h. V oblouku bude možno bezpečně zastavit při přebytku převýšení $E = 65$ mm ($< E_{\text{lim}} = 80$ mm, dle ČSN 73 6360). Lineární vzestupnice jsem navrhl na délku přechodnice $L_2 = 52$ m, sklon vzestupnice bude 1,25 ‰. Výpočty převýšení a vzestupnic byly prováděny v programu Microsoft Excel „Převýšení koleje – Varianta A”, který je uložen na přiloženém CD a v tištěné podobě v příloze výpočtů (1).

- **Varianta B:**

Varianta B nahrazuje současné uspořádání směrových oblouků jedním levostranným přechodnicovým obloukem o $R=500$ m, $L=49$ m. Tato varianta si však vyžaduje vybudování nového zemního tělesa násypu a výkup pozemků. Varianta B se na původní trasu trati napojuje ve staničení 1,775 83 km. Koncová tečna bude prodloužena o 260,15 m. Využitím této varianty dojde k prodloužení trati o 107,7 m. Přehledná situace je uvedena ve výkresové části V2.2.

V oblouku jsem dle ČSN 73 6360 navrhl doporučené převýšení kolejnic $p_d = 70$ mm (20 -150 mm) pro návrhovou rychlost 80 km/h. S nedostatkem převýšení $I = 124$ mm (< 130 mm, dle ČSN 73 6360 tab. 1) lze bezpečně dosáhnout rychlosti 92 km/h. V oblouku bude možno bezpečně zastavit při přebytku převýšení $E = 70$ mm ($< E_{\text{lim}} = 80$ mm, dle ČSN 73 6360). Lineární vzestupnice jsem navrhl na délku přechodnice $L = 49$ m, sklon vzestupnice bude 1,43 ‰. Výpočty převýšení a vzestupnic byly prováděny v programu Microsoft Excel „Převýšení koleje – Varianta B”, který je uložen na přiloženém CD a v tištěné podobě v příloze výpočtů (2).

Ve zbytku trati se vyskytují 2 kružnicové oblouky o $R = 200$ m a 180 m. Oblouky jsou provedeny bez převýšení a lze jimi bezpečně projíždět rychlostí 39 km/h. Vzdálenost těchto oblouků včetně je 628,00 m a ohraničují stanici Karviná město. V důsledku nedostatku prostoru nelze tyto oblouky upravit. Vzhledem ke směrovým poměrům a zvýšenému pohybu chodců bude maximální povolená rychlost ve stanici a v oblouku před a za ní, tedy v úseku dlouhém 628,00 m, omezena na 35 km/h.

Rozšíření rozchodu koleje nebude v obloucích Variant A a B prováděno. Poloměry těchto oblouků jsou větší než 300 m, není tedy nutné rozšíření provádět. U zbylých oblouků zmiňovaných v předchozím odstavci je provedeno rozšíření v hodnotách pro $R = 200$ m – $\Delta u = 12$ mm a pro $R = 180$ m – $\Delta u = 16$ mm. Při posouzení těchto rozšíření dle vzorce: „ $\Delta u = 7150/R - 26$ ” bylo zjištěno, že jsou tyto hodnoty zvětšené o 2 mm. Není tedy nutné rozšíření koleje nijak upravovat.

3.2.2. Výškové vedení trasy

Současné výškové vedení vyhovuje požadavkům normy, není proto nutné navrhovat žádná opatření, kromě úseku 0,481 km – 1,775, který vyplývá ze změn směrového řešení. Jak již bylo zmíněno je toto řešení variantní A a B. Žádný z podélných sklonů na trati nepřekračuje maximální povolený sklon 40 ‰. Podélný sklon v dopravně Karviná město činí $0,50 ‰ < 1 ‰$. Maximální stoupavost vozů vlakotramvají činí $70 ‰ > 21,3 ‰$ což je náš maximální podélný sklon.

- **Varianta A:**

Výškové vedení varianty A počítá s napojením tečnového polygonu na výchozí tečnu výškového vedení trasy ve sklonu - 1,50 ‰ o délce 284,85 m. Na ní se napojuje mezilehlá tečna ve sklonu + 26,19 ‰ o délce 345,96 m < 40 ‰ dle ČSN 73 6360. Zaoblení je tvořeno vydutým obloukem o poloměru $R = 10\,000$ m. Tečnový polygon se na stávající trať napojuje ve staničení 1,775 83 km, kde je podélný sklon -3,10 ‰ na délce 104,64 m. Zaoblení je provedeno vypuklým obloukem o $R = 10\,000$ m. Z hlediska členitosti terénu v této části trati nelze aby trať kopírovala terén. Trať je navržena tak aby suma objemů výkopu a násypu byla přibližně nulová.

- **Varianta B:**

Výškové vedení varianty B počítá s napojením tečnového polygonu na výchozí tečnu výškového vedení trasy ve sklonu - 1,50 ‰ o délce 242,10 m. Na ní se napojuje mezilehlá tečna ve sklonu + 25,88 ‰ < 40‰ dle ČSN 73 6360 o délce 373,06 m. Zaoblení je tvořeno vyduťtým obloukem o poloměru $R = 10\,000$ m. Tečnový polygon se na stávající trať napojuje ve staničení 1,775 83 km, kde je podélný sklon -3,10 ‰ na délce 231,71 m. Zaoblení je provedeno vypuklým obloukem o $R = 10\,000$ m. Z hlediska členitosti terénu v této části trati nelze aby trať kopírovala terén. Trať je navržena tak aby suma objemů výkopu a násypu byla přibližně nulová.

3.2.3. Výhybkové konstrukce

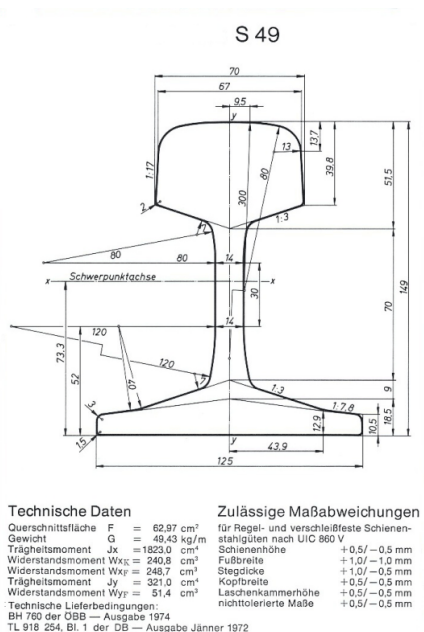
Současné výhybkové konstrukce stupňové soustavy T z důvodů stárí, opotřebení a nesplňování nároků na budoucí provoz trati, budou nahrazeny novými výhybkovými konstrukcemi soustavy S49 II.generace. Výhybky V4 – V6 jsem řešil samostatně v kapitole 4. „Dopravny a železniční stanice“. Výhybky V1 – V3, neslouží k přímému provozu na trati, slouží pouze k napojení průmyslových závodů. Případná obměna by závisela na bližším technickém posouzení a domluvě s majitelem vlečky. Výhybka V1 a navazující kolej vlečkového kolejiště skladiště na kilometru 1,800 by se dala využít jako součást budoucí výhybny.

3.2.4. Železniční svršek

Stávající železniční svršek bude obměněn a přizpůsoben požadavkům předpokládaného provozu.

Kolejnice:

Na trati budou použity kolejnice typu S49 viz obr. 28, z důvodu menšího provozního zatížení vlakotramvají. Trať počítá s napojením na uvažovanou trať na ulici 17. Listopadu, kde by byly použity žlábkové kolejnice NP4, z důvodu vedení trati v tělese pozemní komunikace. NP4 má širší a hlubší žlábek a umožňuje tak pojíždění klasickým železničním vozidlem. Přechod ze žlábkových kolejnic na S49 je v dnešní době plně vyřešen pomocí přechodových dílů viz obr. 29.



Obr. 28. Širokopatní kolejnice S49 [11]



Obr. 29. Přejímový díl z širokopatní kolejnice S49 na žlábkovou [11]

Kolejnicové styky:

Kolejnice budou v celé délce trati stykované, kromě železničních přejezdů a dopravní Karviná město na kterých bude kolej provedena jako bezstyková.

Upevnění kolejnic:

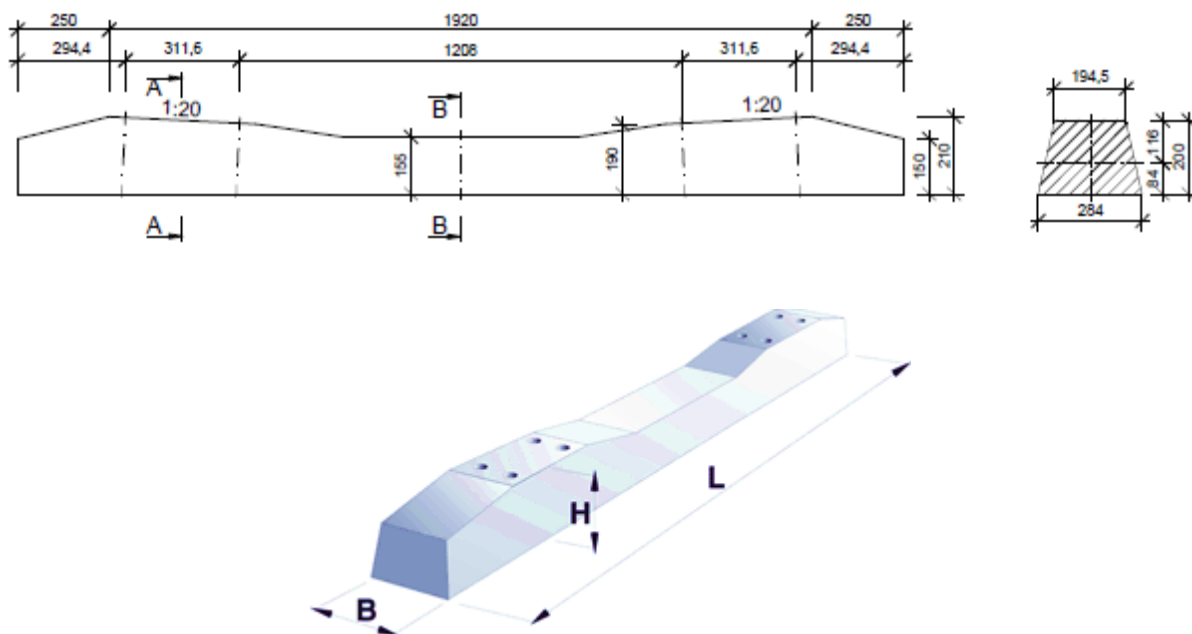
Upevnění kolejnic bude v celé délce řešeno podkladnicově pomocí žebrové podkladnice S 4 pl a pružné svěrky Skl 12 viz obr. 30.



Obr. 30. Plochá žebrová podkladnice S 4 pl a pružná svěrka Skl 12 [12]

Kolejnicové podpory:

Stávající pražce typu SB5 budou ponechány. Z důvodu úložné plochy pražce, která není v úklonu 1:20, budou opatřeny žebrovou podkladnicí klínovou S4. Dřevěné pražce budou nahrazeny pražci SB8P viz obr. 31. Na trati v úseku variant A a B budou taktéž použity pražce SB8P.



Obr. 31. Příčný pražec železobetonový SB8P [13]

Kolejové lože:

Pro konstrukci kolejového lože bude použit výzisk z čištění stávajícího kolejového lože, zbytek bude doplněn novou stěrkočrtí. Výška kolejového lože bude 350 mm pod ložnou hranou pražce.

3.2.5. Železniční spodek**Těleso železničního spodku:**

Tvar tělesa železničního spodku zůstane nezměněn, s výjimkou variant A a B.

Varianta A počítá s využitím stávajícího tělesa železničního spodku s menšími směrovými a výškovými úpravami.

Varianta B počítá s vybudováním nového tělesa železničního spodku. Výsledný výškový profil železničního spodku bude přibližně shodný s Variantou A.

Stavby železničního spodku:

Propustky – zůstanou nezměněny dojde pouze k odstranění vegetace, případně k malým opravám a udržovacím pracím.

Opěrné, zárubní, obkladní zdi - na řešené trati se tyto konstrukce nebudou vyskytovat.

Zařízení železničního spodku:

Nástupiště a rampy – v žst. Karviná město dojde k vybudování sdruženého ostrovního nástupiště určeného k nástupu do souprav vlakotrmvajících a klasických železničních vozidel.

Oplocení a zábradlí – v žst. Karviná město bude stávající oplocení zrenovováno. Přístup do kolejiště bude umožněn brankou po pravé straně staniční budovy na ulici Palackého pro pěší a branou z ulice Rudé Armády pro přístup cyklistům. K přímému nájezdu cyklistů do kolejiště bude zabráněno použitím směrově odsazeného zábradlí.

Osvětlení – viz kapitola 4. Dopravny a železniční stanice

3.2.6. Křížení s pozemními komunikacemi

Při bližším ověření a zhodnocení rozhledových poměrů jsem zjistil menší rozdíly mezi vypočtenými daty a daty poskytnutými SŽDC. Tyto rozdíly však nemají zásadní vliv na výsledné posouzení rozhledových poměrů. Výpočty rozhledových poměrů jsem prováděl v programu Microsoft Excel „Rozhledové poměry”, který je uložen na přiloženém CD a v tištěné podobě v příloze výpočtů (3).

Z důvodu předpokládané traťové rychlosti 80 km/h, je třeba osadit všechny přejezdy světelným přejezdovým zabezpečovacím zařízením viz obr. 32, popřípadě doplněny o automaticky ovládané závory. Norma ČSN 73 6380 totiž říká, že forma zabezpečení pouze výstražným křížem již není možná na vícekolejných tratích, na tratích s traťovou rychlostí v přilehlém úseku větší než 60 km/h, při překročení hodnoty 10 000 u dopravního momentu přejezdu, nemožnosti zajištění požadovaných rozhledových délek a v komplikovaných místních poměrech.



Obr. 32. Světelné přejezdové zabezpečovací zařízení [14]

3.2.7. Traťová rychlost

Po optimalizaci směrových poměrů a zabezpečení přejezdů bude traťová rychlost znatelně zvýšená. Varianta A počítá s optimální traťovou rychlostí 80 km/h, i když v některých usecích by bylo možno dosáhnout rychlosti až 105 km/h. Varianta B umožní provoz optimální rychlostí 90 km/h. V obou případech jak již bylo zminěno v 3.2.1 Varianta B, bude traťová rychlost ve stanici Karviná město omezena na 35 km/h.

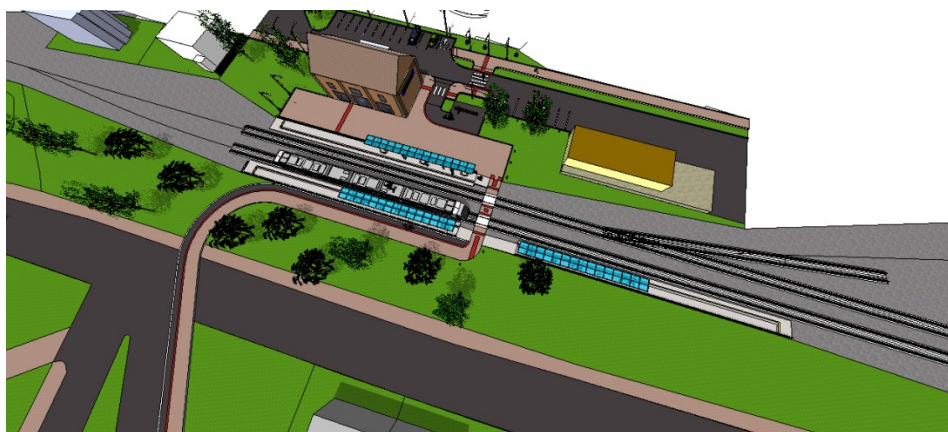
4. Dopravny a železniční stanice

Optimalizací trati Petrovice u Karviné – Karviná město bude dotčena dopravna Karviná město. V minulosti byla využívána osobní a nákladní dopravou, dnes je dopravna využívána pouze nákladní dopravou. V dopravně dochází k napojení vlečkových kolejí podniku Kovona Karviná do kolejiště SŽDC. Toto napojení je v současné době neefektivní, části kolejí jsou nevyužívané, některé ojediněle. Na žádost SŽDC jsem provedl určité změny, které provoz z efektivní, sníží se plocha pozemků dotčených provozem, které SŽDC zamýšlí prodat soukromým subjektům.

V případě realizace projektu vlakotramvajové dráhy bude kolejiště doplněno o úrovňová nástupiště a k nim přístupové komunikace pro pěší, cyklisty a osoby se sníženou schopností pohybu a orientace. Železniční stanice bude provedena jako průchozí z ulic Rudé armády a Palackého. Na obr. 33. je stanice v současnosti a obr. 34. je stanice po rekonstrukci.



Obr. 33. Žst. Karviná město dnes (zdroj: mapy.cz)



Obr. 34. Žst. Karviná město po rekonstrukci (zdroj: vlastní tvorba)

4.1. Zaústění vlečkového provozu do kolejiště SŽDC a jeho uspořádání

Zaústění vlečkového provozu jsem provedl navržením krátké odevzdávkové koleje (kolej č. 2), na kterou se napojují 2 vlečkové koleje. Odevzdávková kolej bude napojena pomocí výhybek 5 a 8 na hlavní kolej č. 1.

4.1.1. Směrové uspořádání

Hlavní kolej č. 1:

Směrové vedení hlavní koleje, tedy koleje č. 1 zůstane zachováno dle 3.1.1. ve staničení 4,652 km – 5,280 km

Vedlejší kolej č. 3:

Směrové vedení koleje č. 3 zůstane zachováno až na úsek 5,065 km – 5,143 km.

- 5,065 276 km – 5,098 082 km: směrový pravostranný oblouk o $R=300$ m
- 5,098 082 km – 5,107 865 km: mezipřímá délky 9,783 m
- 5,107 865 km – 5,142 775 km: výhybková konstrukce č. 9 a napojení na hlavní kolej

Odevzdávková kolej č. 2:

- 4,796 597 km – 4,855 458 km: dvě po sobě jdoucí výhybky č. 5 a 6 (zhlaví)
- 4,855 458 km – 4,856 708 km: mezipřímá délky 1,25 m
- 4,856 708 km – 4,881 819 km: směrový kružnicový oblouk o $R=190$ m
- 4,881 819 km – 4,913 757 km: mezipřímá délky 31,938 m
- 4,913 757 km – 4,938 868 km: směrový kružnicový oblouk o $R=190$ m
- 4,938 868 km – 4,948 955 km: mezipřímá délky 10,087 m
- 4,948 955 km – 4,998 978 km: dvě po sobě jdoucí výhybky č. 7 a 8 (zhlaví)

4.1.2. Výškové uspořádání

V dopravně Karviná město - v úseku 4,742 km – 5,222 km zůstane zachován podélný sklon 0,50 ‰.

4.1.3. Výhybkové konstrukce

Současné výhybkové konstrukce v dopravě Karviná město budou odstraněny a budou použity nové výhybky typu J49 2. generace.

Seznam výhybek:

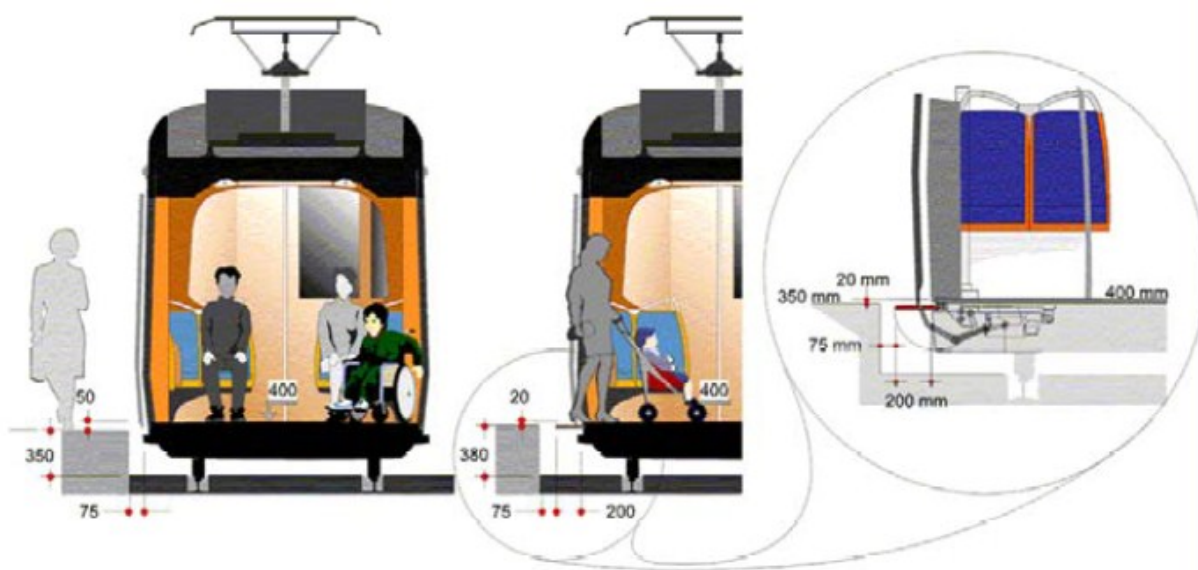
- V5: 4,796 km: J49 – 1:7,5 – 190-I ($a = b = c = 12,611\text{m}$), pravá
- V6: 4,855 km: J49 – 1:7,5 – 190-I ($a = b = c = 12,611\text{m}$), levá
- V7: 4,973 km: J49 – 1:7,5 – 190-I ($a = b = c = 12,611\text{m}$), levá
- V8: 4,998 km: J49 – 1:7,5 – 190-I ($a = b = c = 12,611\text{m}$), levá
- V9: 5,142 km: J49 – 1:9,0 – 300 ($a = b = c = 16,615\text{m}$), levá

4.2. Návrh železniční stanice Karviná město

Železniční stanice Karviná město jsem navrhl jako průchozí z ulic Rudé Armády a Palackého pro pěší i cyklisty. Všechny stavební úpravy jsem navrhl jako bezbariérové a upravené pro osoby se sníženou schopností orientace. Návrh proběhl na ploše před stávající výpravní budovou. Nástupiště jsem navrhl pro obsluhu vozidel vlakotramvají a klasických železničních vozidel.

4.2.1. Uspořádání nástupišť

Nástupiště jsem navrhl 3. Nástupiště č. 1 a 2a jsem navrhl jako vnější úroňová šířky 3 m a jsou určena pro obsluhu vozidel vlakotramvají. Stavba nástupišť 1 a 2a začíná ve staničení 5,013 678 km. Délka nástupišť je 47,00 m. Veřejnosti přístupná délka nástupišť je 45,00 což vyhovuje nejdelšímu vozidlu vlakotramvaje délky 45,00 m. Veřejnosti přístupná část nástupiště je opticky vyznačena žlutým pásem v šířce 0,15 m na okraji varovného pásu. Vzdálenost nástupní hrany od osy přilehlé koleje je 1,60 m což umožňuje bezbariérový nástup a výstup do a z vozidel vlakotramvaji za pomoci výklopného stupně šířky 200 mm viz obr. 35 a 36. Výška nástupní hrany nad temenem přilehlé kolejnice je 350 mm, vycházel jsem z výšky podlahy vlakotramvaje, která se pohybuje v rozmezí 350 – 400 mm nad TK. Toto umístění nástupní hrany zároveň umožňuje bezpečný průjezd klasickým železničním vozidlům, vyhoví tudíž průjezdnému průřezu ZG-ČD.

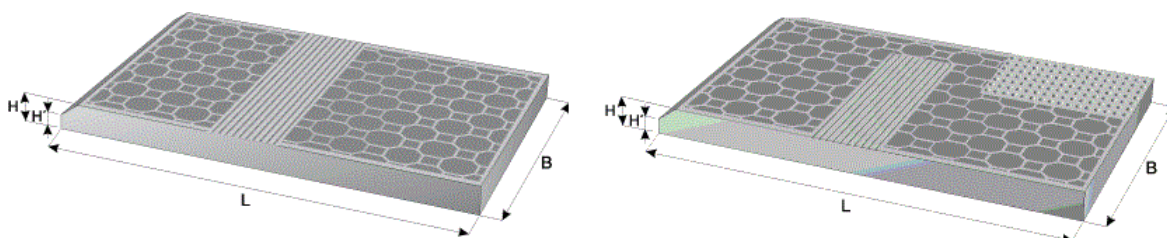


Obr. 35 a 36. Příklad řešení bezbariérového nástupu do nízkopodlažních souprav vlakotramvají

Nástupiště č. 2b jsem navrhl jako vnější úroňové šířky 3 m a je určená pro obsluhu klasických železničních vozidel typu Regionova. Stavba nástupiště začíná ve staničení 4,951 818 km. Délka nástupiště je 50,00 m. Veřejnosti přístupná délka nástupiště je 48,00 což vyhovuje nejdelšímu vozidlu Rogionovy délky 42,41 m. Vzdálenost nástupní hrany od osy přilehlé koleje je 1,67 m. Výška nástupní hrany nad temenem přilehlé kolejnice je 550 mm, Toto umístění nástupní hrany umožňuje bezbariérový nástup a výstup do a z vozidel. Finální podoba nástupiště je zobrazena v 7.2. Vizualizace rekonstrukce žst. Karviná město.

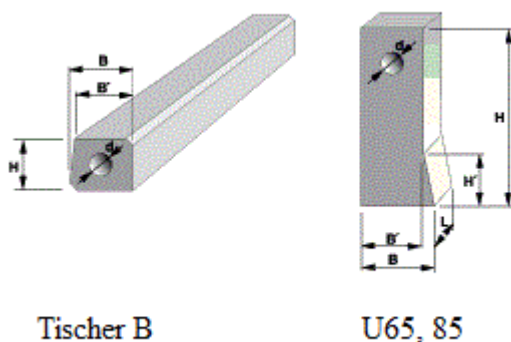
4.2.2. Konstrukce nástupišť

Všechny nástupiště jsem navrhl jako úroňová typu SUDOP. U nástupišť jsou použity konzolové desky KS-230 firmy ŽPSV OHL GROUP viz obr. 37. Konzolové desky řady KS délky 2,30 m jsou opatřeny varovným pásem sloučeným s vodící linií šířky 40 cm ve vzdálenosti 80 cm od okraje. Varovný pás je tvořen rýhováním ve tvaru trapéz [13]. Desky na konci veřejnosti přístupné části nástupišť jsou typu KS-230V (levá, pravá), ty jsou opatřeny nedokončeným varovným pásem sloučeným s vodící linií šířky 40 cm ve vzdálenosti 80 cm od okraje. Varovný pás je ukončen ve vzdálenosti 20 cm od levého okraje a je tvořen rýhováním ve tvaru trapéz. Dále jsou tyto desky opatřeny varovným pásem v levém rohu o velikosti 85x40 cm [13].



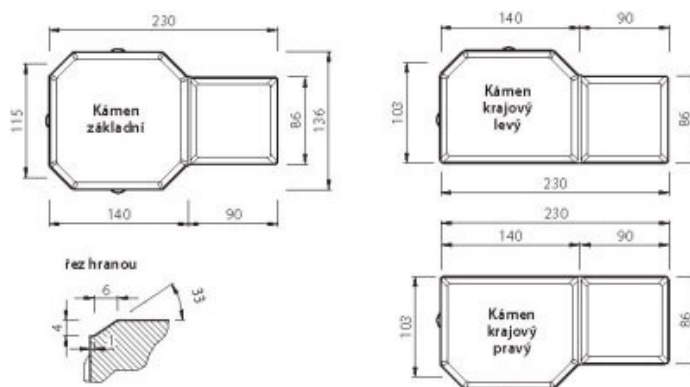
Obr. 37. Konzolové desky typu KS-230 a 230V [13]

Konzolové desky jsou uloženy na nástupištní tvárnici Tischer B viz obr. 38. Tvárnice Tischer leží na úložných blocích U65 u nástupiště 1 a 2a a U85 u nástupiště 2b. viz obr. 38.



Obr. 38. Tvárnice Tischer a úložný blok U65,85 [13]

Zbýlá část nástupiště je tvořena zámkovou dlažbou typu AS10 CSB-PALTICO viz obr. 39 tl. 60 mm uložené na vrstvě šterkopísku frakce 2 – 8 mm.

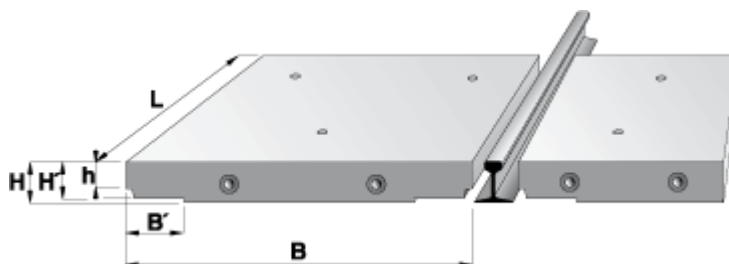


Obr. 39. Zámková dlažba CSB – Paltico firmy CS - BETON (zdroj: csbeton.cz)

Všechna nástupiště jsou osazena ocelovým zábradlím výšky 1,1 m, doplněnými o vodící tyč pro invalidní vozík a zarážkou pro slepeckou hůl. Na nástupišťích budou zhotoveny nástupištní přístřešky lehké ocelové konstrukce se skleněnými výplněmi.

4.2.3. Přístup k nástupišťím

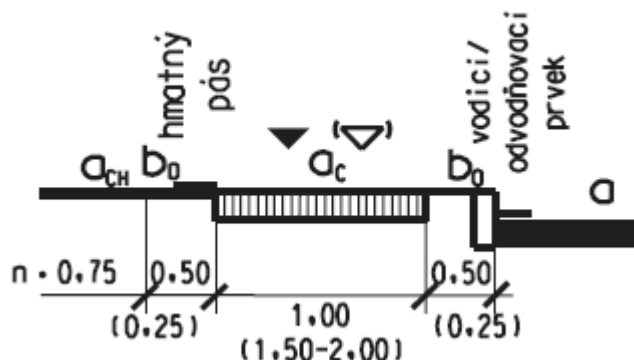
Přístup na nástupiště 1 a 2a je řešen rampou se sklonem 8% a 12% na nástupiště 2b. Rampy navazují na úroňový přechod přes staniční koleje v 5,008 418 km viz vizualizace. Přechod jsem navrhl ze zádlážbových panelů (vnitřního a vnějších zúžených) firmy ŽPSV OHL GROUP viz obr. 40. Zbylý prostor mezi vnějšími panely je vyplněn zámkovou dlažbou viz obr. 39.



Obr. 40. Zádlážbový panel vnitřní a vnější zúžený [13]

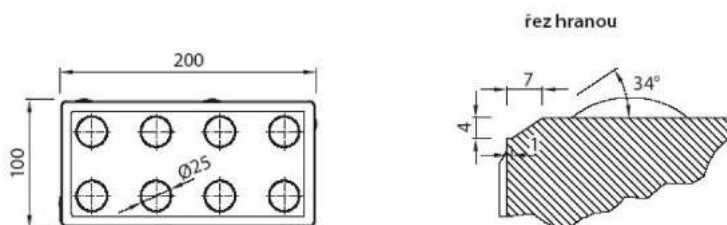
Železniční stanice je řešena jako průchozí z ulic Rudé Armády a Palackého. Přístup z ulice Palackého je řešen jako součást rekonstrukce přednádraží. Z ulice Rudé Armády, která je souběžná s tratí, je vyvedena komunikace pro pěší a cyklisty vedoucí až mezi nástupiště

2a a 2b. Šířkové uspořádání jsem zvolil dle typu z ČSN 73 6110 viz obr. 41. Zvolil jsem následující: $a_{ch}=2,25$ m, $b_o=0,50$ m, $a_c=1,00$ m, $b_o=0,25$ m.



Obr. 41. Šířkové uspořádání komunikace pro pěší a cyklisty[15]

Povrch pásu pro chodce je tvořen zámkovou dlažbou viz obr. 39. Hmatný pás je proveden v šířce 0,30 m z hmatové dlažby AS06 CSB viz obr. 42. Povrch cyklistického pásu bude tvořit asfaltový koberec, aby došlo k výraznému oddělení pásu pro chodce a cyklisty a z důvodu pohodlí jízdy na kole. Na straně pásu pro chodce bude proveden zvýšený obrubník min. 0,080 m nad povrchem jako vodící linie pro osoby se sníženou schopností orientace.



Obr. 42. Zámková dlažba AS06 CSB – pro nevidomé firmy CS – BETON (zdroj: csbeton.cz)

4.3. Návrh přednádraží

V případě zavedení osobního provozu na trati a vybudování železniční stanice je současný stav přednádraží nedostačující. Pěší provoz na trati zde probíhá ve stejné výškové úrovni zároveň s automobilovým. Statická doprava není dostatečně vyřešena. Osoby se sníženou schopností orientace a pohyby zde prakticky nemají možnost se bezpečně dostat k nástupištím. Současný stav přednádraží je znázorněn na obr. 43.



Obr. 43. Současný stav přednádraží a nádražní budova (zdroj: vlastní fotodokumentace)

4.3.1. Příjezdová komunikace

Rekonstrukce příjezdové komunikace bude navazovat na současnou komunikaci. Komunikace (ul. Palackého) bude provedena jako slepá. Komunikace bude vedena ve směrové přímé a bude končit v místě styku s ulicí Tovární. Šířka komunikace v nejužším místě, to je v místě přechodu pro chodce a parkovacích stání, je 4,5m. Příčný sklon komunikace jsem navrhl střežovitý ve sklonu 2,5% směrem k uličním vpustím. Minimální šířka příjezdní a výjezdní komunikace parkovacích ploch je pro vozidla skupiny 1 a dvoupruhové komunikace stanovena na 4,5 m, což splňuji. S ohledem na požární bezpečnost musí minimálně jeden vjezd mít minimální světlou šířku 3,5 m. S ohledem na tuto šířku jsem navrhl šířku komunikace pro cyklisty k přístřešku pro úschovu kol. Tato komunikace slouží zároveň jako příjezd k přednástupištní ploše pro potřeby záchranných složek.

4.3.2. Statická doprava

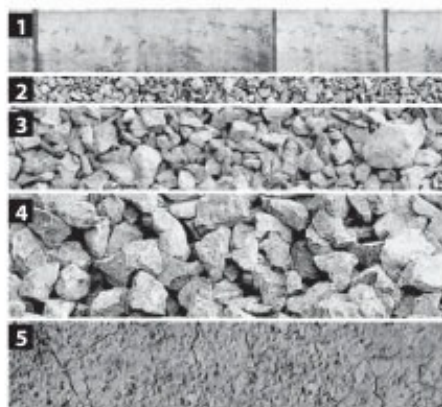
Součástí přednádraží je návrh dvou parkovacích ploch o celkovém počtu 20 parkovacích míst z toho 2 jsou vyhrazena pro osoby tělesně postižené. Dle ČSN 73 6056 jsou min. 2 místa pro osoby tělesně postižené při celkovém počtu 20 – 40 parkovacích míst. V místě parkovacích míst pro osoby TP je ukončena komunikace pro pěší sníženým obrubníkem. Příčný sklon parkovacích stání bude proveden max. do 5%, stejně tak i podélný sklon přilehlé komunikace. Podélný sklon parkovacích míst činí 2,5%. Délka parkovacích míst činí 5,3 m, šířka 2,4 m a místa pro TP 3,5 m.

4.3.3. Komunikace pro pěší

Komunikace pro pěší vede souběžně s výpravní budovou. Současná komunikace pro pěší, na kterou by mohla nová navazovat, však neexistuje. Plocha pro pěší dále pokračuje kolem výpravní budovy k nástupišťům. Šířku plochy pro pěší jsem stanovil na 2,5. Šířka průchozího prostoru je vedena ve třech pruzích – $3 \times 0,75 \text{ m} = 2,25 \text{ m}$. Bezpečnostní odstup od jízdního pásu je 0,25 m (na jízdním pásu nebude probíhat provoz rychlostí větší jak 30 km/h). V místě souběhu pásu pro pěší s pásem pro cyklisty je pás pro pěší oddělen hmatným pásem tl. 0,30 m. Pás pro pěší pokračuje dále přes pás pro cyklisty k parkovacímu místu pro TP, kde je ukončen sníženým obrubníkem. Přejechod přes cyklistický pás je zvýrazněn vodorovným značením V7 o šířce 0,50 m a délce 2,50 m. Za první parkovací plochou je provoz sveden na druhou stranu pozemní komunikace. Přejechod přes pozemní komunikaci je zvýrazněn vodorovným dopravním značením V7 o šířce 0,50 m a délce 4,00 m. Příčný spád pásu pro pěší je proveden ve sklonu 2,00 % směrem k uličním v půstím.

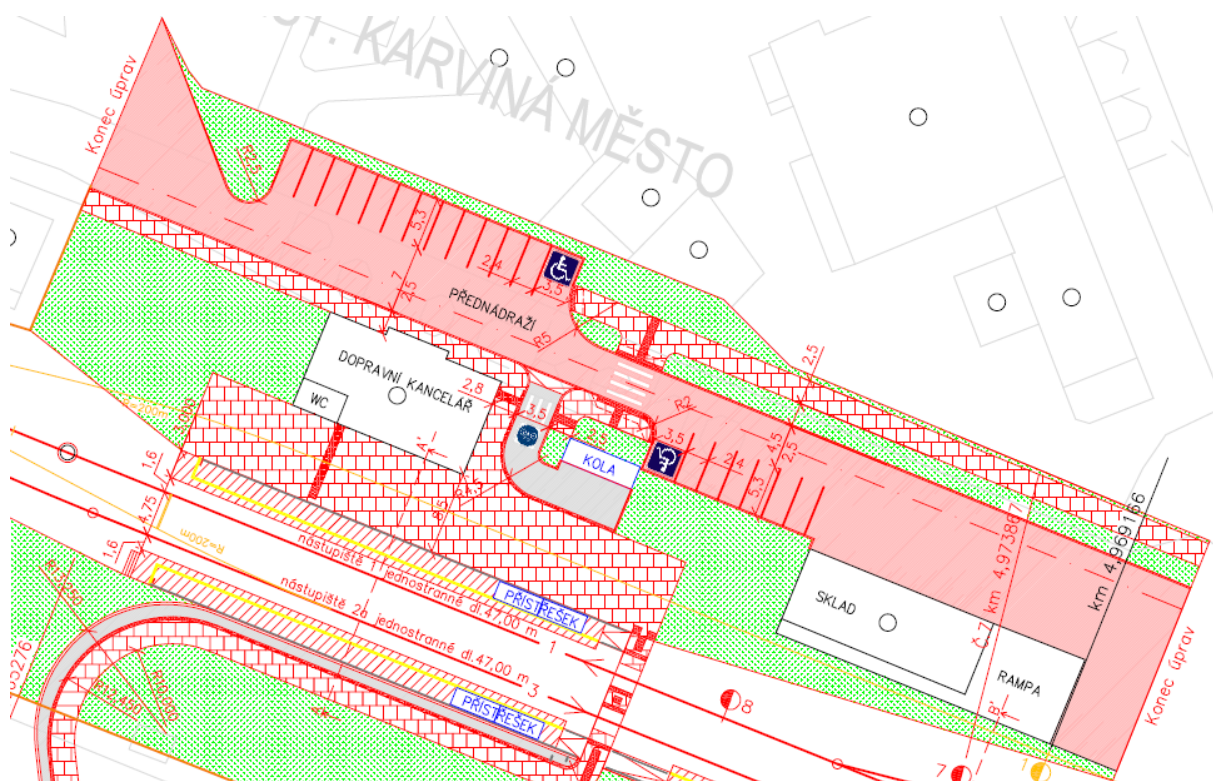
Všechny povrchy zpevněné plochy pro pěší jsou tvořeny zámkovou dlažbou viz obr. 39. Skladba pásů pro pěší je znázorněna na obr. 44. Skladba byla provedena jako chodník s pojezdem osobních aut.

Situace přednádraží je zobrazena na obr. 45 dále pak finální podoba je zobrazena v 7.2. Vizualizace rekonstrukce žst. Karviná město.

**Skladba:****vrstva (výška)**

- 1** dlažba (80 mm)
- 2** kladecí vrstva (30 mm) drcené kamenivo 2-5 mm
- 3** nosná vrstva (100 mm) drcené kamenivo 2-5 + 4-8 mm (1:1)
- 4** roznášecí vrstva (150 mm) drcené kamenivo 16-32 mm
- 5** hutněná pláň

Obr. 44. Vzorová skladba komunikace pro pěší firmy CS-BETON (zdroj: csbeton.cz)



4.4. Stavební úpravy pro osoby se sníženou schopností orientace

Všechny stavební úpravy jsem provedl s ohledem na osoby se sníženou schopností orientace. Použil jsem tyto prvky:

Varovný pás: Provádí se v šířce 0,40 m pomocí hmatové zámkové dlažby. Prvek se vyskytuje po obou stranách přechodu pro chodce a úrovnového přechodu přes koleje, jako součást povrchu pásu pro pěší. Varovný pás použitý na nástupištích je uveden v 4.2.2.

Signální pás: Je proveden kolmo na každý varovný pás v šířce 0,80 m pomocí hmatové zámkové dlažby. V místech přechodu pro chodce je signální pás dotažen až k varovnému. V místě úrovnového přechodu, tedy místa pro přecházení končí signální pás 0,40 m před varovným, z důvodu aby nevidomá osoba věděla že se vyskytuje na místě pro přecházení a nemá tudíž přednost v pohybu. v místě napojení dvou signálních pásu je vynechán čtverec 0,80 x 0,80 m. Signální pás musí být ukončen u přirozené vodící linie (budova), či umělé (vyvýšený obrubník). Nesmí být však nikdy napojen na hmatný pás oddělující pás pro pěší a cyklistický pás.

Vyvýšená obruba: Slouží jako vodící linie. Vyvýšení se provádí minimálně 0,080 m nad povrchem přilehlé komunikace.

Hmatný pás: Odděluje pás pro pěší a cyklistický pás pomocí hmatové zámkové dlažby. Šířka pásu je 0,30 – 0,40 m.

Zábradlí se zarážkou pro slepeckou hůl: Vodicí linie. Je umístěno na nástupištích a přilehlých přístupových rampách po obou stranách rampy. Jedná se o ocelové zábradlí, které má ve výšce maximálně 0,11 m nad zemí ocelovou tyč, sloužící jako zarážka pro slepeckou hůl.

5. Závěr

Po konzultaci výsledků této práce s jejím zadavatelem Správou železniční dopravní cesty (SŽDC) jsem dospěl k následujícím závěrům. Realizace celého tohoto projektu je závislá na vybudování vlakotramvajové sítě v Moravskoslezském kraji. Vybudování této sítě je ovšem v blízké době v období minimálně 20 let nerealizovatelné, a to z důvodu velkých finančních nákladů.

Pro účely stávajícího provozu na trati je návrh změny směrového řešení a budování nástupišť nepotřebný. Návrh zaústění vlečkového provozu do kolejiště SŽDC bude použit, vzniknou tím volné pozemky, které SŽDC prodá soukromým subjektům. Během tvorby této práce už k odprodání částí pozemků došlo. Dále se dá využít návrh na zprůchodnění stanice Karviná město a částečný návrh úpravy přednádraží.

Během tvorby práce jsem narazil na řadu námětů na další práce v souvislosti s touto tratí a blízkého okolí železniční stanice Karviná město. Náměty jsou tyto:

- Návrh výhybny na 1,500 km s využitím současné vlečkové koleje
- Rekonstrukce levého přednádraží na ulici Rudé Armády, návrh obytné zóny
- Úprava okolí pravého přednádraží železniční stanice Karviná město
- Rekonstrukce přejezdů na trati Petrovice u Karviné – Karviná město

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé práce Ing. Leopoldovi Hudečkovi, Ph.D. z VŠB-TU Ostrava, vedoucímu technického oddělení SDC Ostrava Ing. Ivanu Červenkovi, ČUZK za poskytnutí mapových podkladů a všem ostatním, kteří mě při mé práci podporovali.

6. Seznamy

6.1. Seznam použité literatury

- [1] GOLEŠOVÁ, Ing. arch. Ivana, Ing. arch. Pavel DUCHÁČEK a Ing. Rostislav KOŠTÁL. URBANISTICKÉ STŘEDISKO BRNO, spol. s r.o. *Územní plán Karviné: Koncept* [TEXTOVÁ ČÁST ÚZEMNÍHO PLÁNU]. Září 2010. [cit. 15.4.2012].
- [2] Správa železniční dopravní cesty: SDC Ostrava. *Http://www.szdc.cz: /o-nas/organizacni-jednotky-szdc/sdc-ostrava.html* [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.szdc.cz/o-nas/organizacni-jednotky-szdc/sdc-ostrava/obrazky/mapa-ova2.gif>
- [3] KRZYŽANEK, Radek. Po kolejích moravy a slezska: PKMS. SZOSTOK, Martin. *Http://pkms.webzdarma.cz/* [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://pkms.webzdarma.cz/petrovice.html>
- [4] BERAN, Ing. Pavel. Zanickeobce.cz: © 2005-2011. BINDAČ, Petr. *Http://www.zanikleobce.cz: /index.php?detail=115787* [online]. 14.8.2009 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.zanikleobce.cz>
- [5] Klub železničních cestovatelů: KŽC. KŽC, s.r.o. *Http://www.kzc.cz* [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.kzc.cz>
- [6] Železniční trať Petrovice u Karviné - Karviná. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 8. 2. 2012 10:18 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_tra%C5%A5_Petrovice_u_Karvin%C3%A9_-_Karvin%C3%A1
- [7] Projekty vlakovtravají na Ostravsku: Vlakotramvaje na Ostravsku. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-, 11. 1.

- 2012 17:24. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z:
http://cs.wikipedia.org/wiki/Projekty_vlakotramvaj%C3%AD_na_Ostravsku
- [8] Flickr.com. [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z:
http://farm3.staticflickr.com/2539/5812523611_9b2415f044_z.jpg
- [9] BUREŠ, Miroslav. *SOUČASNÁ VOZIDLA PROVOZOVANÁ NA DRÁHÁCH SYSTÉMU „TRAMTRAIN“ (VLAKOTRAMVAJ) V EVROPĚ*. 2008. Dostupné z:
http://www.railvolution.net/czechraildays/2008/seminare/s_11.pdf
- [10] ČSN 73 6360. *Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha: Část 1: Projektování*. 81981. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2008.
- [11] Pražské tramvaje: Kolejový svršek tvořený kolejnicí S49. © PRAŽSKÉ TRAMVAJE 2001-2012. *Pražské tramvaje:STRÁNKY O VŠEM, CO NÁS BAVÍ!* [online]. 20.3.2010 [cit. 2012-04-19]. Dostupné z:
<http://www.prazsketramvaje.cz/view.php?cislocclanku=2010031701>
- [12] Techno: svěrky. *K-REPORT: železniční koridory ČR* [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.k-report.net/koridory/ktechnol.html>
- [13] ŽPSV: OHL GROUP. ŽPSV A.S. UHERSKÝ OSTROH. [Http://www.zpsv.cz](http://www.zpsv.cz) [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.zpsv.cz/Default.aspx?lang=cz>
- [14] AŽD Praha. AŽD PRAHA S.R.O. [Http://www.azd.cz/](http://www.azd.cz/) [online]. [cit. 2012-04-19]. Dostupné z: <http://www.azd.cz/pro-media/fotogalerie/technologie-azd-praha/>
- [15] ČSN 73 6110. *Projektování místních komunikací*. 74506. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2006. Dostupné z:
<http://www.unmz.cz/files/normalizace/%C4%8CSN%2073%206110/74506.pdf>

6.2. Seznam obrázků

- Obr. 1. Schéma železniční sítě s číselným označením tratí [1]
- Obr. 2. Schéma železniční sítě s tratí Petrovice u Karviné – Karviná město [2]
- Obr. 3. Železniční mapa Ostravska rok 1904 [4]
- Obr. 4. ŽST Karviná-Fryštát (Město) spolu s železárnou (Kovona Karviná) [4]
- Obr. 5. Situace železničních a tramvajových tratí na Ostravsko-Karvinsku k roku 1953 [4]
- Obr. 6. Parní lokomotiva 310. [5]
- Obr. 7. Motorový vůz M 131.1 [5]
- Obr. 8. Zastávka Karviná-Darkov lázně (dobová fotografie) [4]
- Obr. 9. Zastávka Karviná-Darkov lázně (nyní) [4]
- Obr. 10. Situace širších vztahů v blízkosti ž.st. Karviná město (zdroj: Google Earth)
- Obr. 11. Výřez z územního plánu města Karviná
- Obr. 12. Výřez z turistické mapy (zdroj: mapy.cz)
- Obr. 13. Nepokryté přepravní relace kolejovou dopravou (zdroj: výsledky Dopravního Projektování, s.r.o. a Kodis)
- Obr. 14. Doplnění kolejové sítě
(zdroj: výsledky Dopravního Projektování, s.r.o. a Kodis)
- Obr. 15. Vlakotramvajová souprava Siemens S70 Avanto [8]
- Obr. 16. Výhybka V5 v dopravě Karviná město (zdroj: vlastní fotodokumentace)
- Obr. 17. Deformovaná kolej – výřez ze snímku v plné velikosti (zdroj: vlastní fotodokumentace)
- Obr. 18. Upevnění kolejnic pomocí žebrové podkladnice vlevo a rozponové vpravo
- Obr. 20. Ocelové pražce na části nevyužívané koleje (zdroj: vlastní fotodokumentace)
- Obr. 21. ŽB. trubní propustek na 1,875 km (zdroj: fotodokumentace SDC Ostrava)
- Obr. 22. Zarostlý ŽB. trubní propustek na 2,042 km (zdroj: fotodokumentace SDC Ostrava)
- Obr. 23. Kolejnicové zarážedlo na koci trati (zdroj: vlastní fotodokumentace)
- Obr. 24. Dvoukolejný přejezd 1,688 km (zdroj: mapy.cz)
- Obr. 25. Jednokolejný přejezd 1,879 km (zdroj: mapy.cz)
- Obr. 26. Jednokolejný přejezd 2,895 km - Petrovická (zdroj: mapy.cz)
- Obr. 27. Jednokolejný přejezd 3,058 km - Petrovická (zdroj: mapy.cz)
- Obr. 28. Širokopatní kolejnice S49 [11]
- Obr. 29. Přechodový díl z širokopatní kolejnice S49 na žlábkovou [11]

Obr. 30. Plochá žebrová podkladnice S 4 pl a pružná svěrka Skl 12 [11]

Obr. 31. Příčný pražec železobetonový SB8P [13]

Obr. 32. Světelné přejezdové zabezpečovací zařízení [14]

Obr. 33. Žst. Karviná město dnes (zdroj: mapy.cz)

Obr. 34. Žst. Karviná město po rekonstrukci (zdroj: vlastní tvorba)

Obr. 35 a 36. Příklad řešení bezbariérového nástupu do nízkopodlažních souprav vlakotramvají

Obr. 37. Konzolové deskytypu KS-230 a 230V [13]

Obr. 38. TvárniceTischer a úložný blok U65,85 [13]

Obr. 39. Zámková dlažba CSB – Paltico firmy CS - BETON (zdroj: csbeton.cz)

Obr. 40. Zádlažbový panel vnitřní a vnější zúžený [13]

Obr. 41. Šířkové uspořádání komunikace pro pěší a cyklisty[15]

Obr. 42. Zámková dlažba AS06 CSB – pro nevidomé firmy CS – BETON (zdroj: csbeton.cz)

Obr. 43. Současný stav přednádraží a nádražní budova (zdroj: vlastní fotodokumentace)

Obr. 44. Vzorová skladba komunikace pro pěší firmy CS-BETON (zdroj: csbeton.cz)

Obr. 45. Řešení přednádraží

6.3. Seznam tabulek

Tab. 1. Technické parametry Siemens S70 Avanto [9]

Tab. 2. Rozhledové poměry na přejezdu 1,879 km

Tab. 3. Rozhledové poměry na přejezdu 2,895 km

Tab. 4. Rozhledové poměry na přejezdu 3,058 km

Tab. 5. Minimální délka mezipřímé nebo kružnicové části oblouku pro koleje průběžné traťové a hlavní staniční [10]

6.4. Seznam výkresů

1. Přehledná situace 1:10 000

2.1. Přehledná situace Varianta A 1:5000

2.2. Přehledná situace Varianta B 1:5000

3.1. Přehledný podélný profil 1:2000

- 3.2. Přehledný podélný profil Varianta A 1:2000
- 3.3. Přehledný podélný profil Varianta B 1:2000
- 4.1. Čára rychlosti současný stav 1:20 000
- 4.2. Čára rychlosti Varianta A 1:20 000
- 4.3. Čára rychlosti Varianta B 1:20 000
- 4.4. Čára rychlosti Srovnání Varianta 1:20 000
- 5. Situace žst. Karviná město 1:500
- 6.1. Příčný řez nástupištěm A-A' žst. Karviná město 1:50
- 6.2. Příčný řez nástupištěm B-B' žst. Karviná město 1:50
- 6.3. Příčný řez přechodem 1:50
- 7. Vytyčovací výkres kolejové sítě žst. Karviná 1:1000
- 8. Územní plán města Karviná

6.5. Seznam výpočtu (výstup z MS Excel)

- 1. Převýšení koleje posudek
- 2. Převýšení koleje Varianta A
- 3. Převýšení koleje Varianta B
- 4. Rozhledy na přejezdech
- 5. Výpočet směrových oblouku Varianta A
- 6. Výpočet směrového oblouku Varianta B

7. Přílohy

7.1. Fotodokumentace současného stavu žst. Karviná město



Současná nádražní budova – pohled z kolejiště



Uspořádání kolejiště v Karviná město



Vyústění vlečkového provozu



Provozované železniční vozidlo



Dopravna Karviná město – směr Petrovice

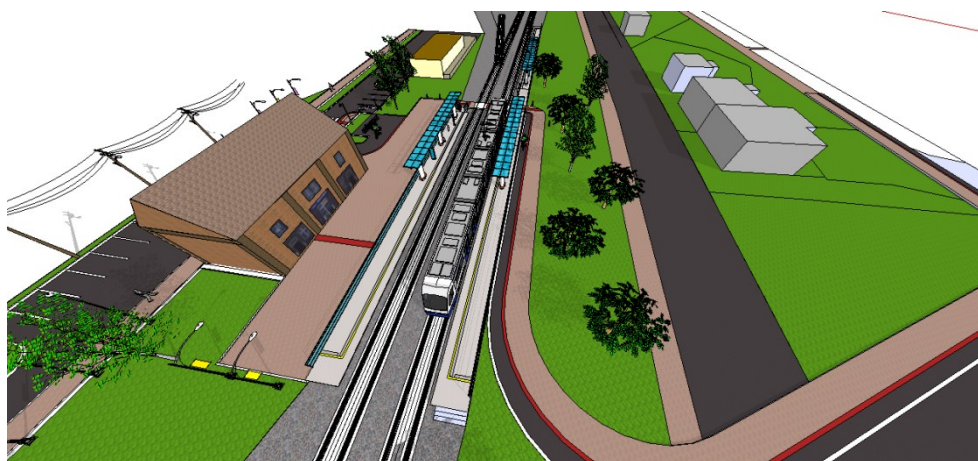


Přístup z ulice Rudé Armády

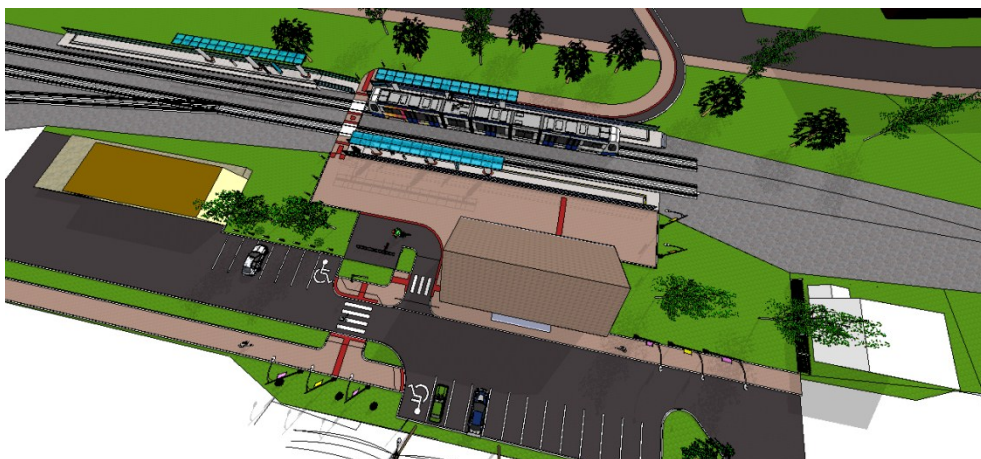


Statická doprava - přednádraží ulice Palackého

7.2. Vizualizace rekonstrukce žst. Karviná město



Celkový pohled na stanici a okolí



Celkový pohled včetně přednádraží



Ulice Palackého – přednádraží zleva



Ulice Palackého – přednádraží zprava



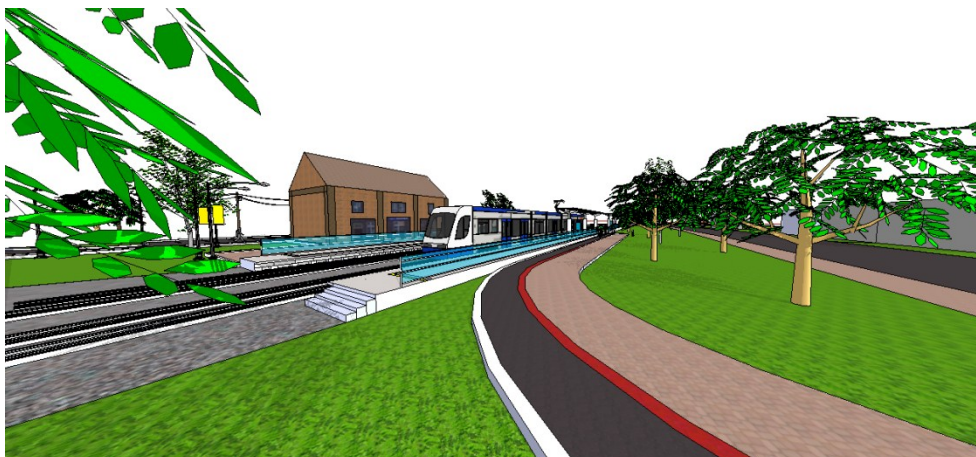
Ulice Palackého – přednádraží



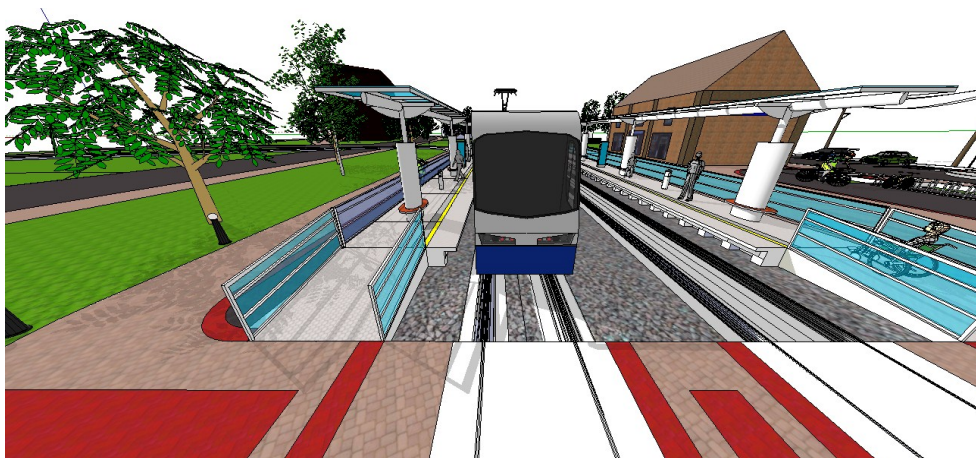
Ulice Palackého – přednádraží pohled na nástupiště



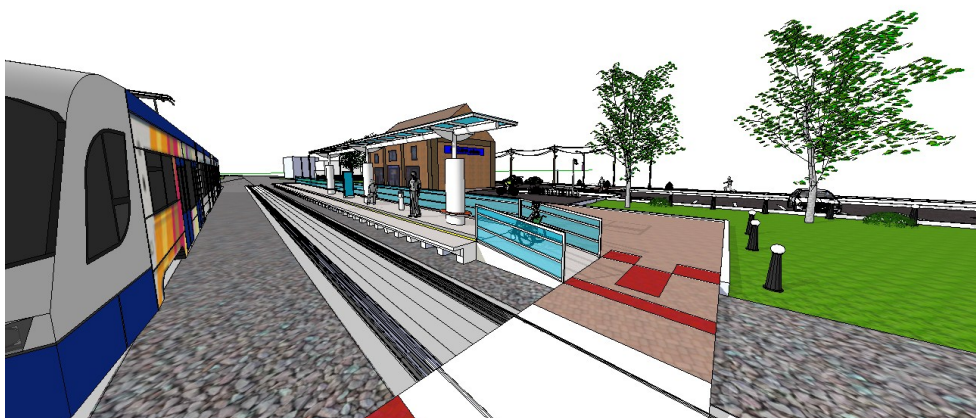
Nástupiště č. 1 a 2a směr Petrovice



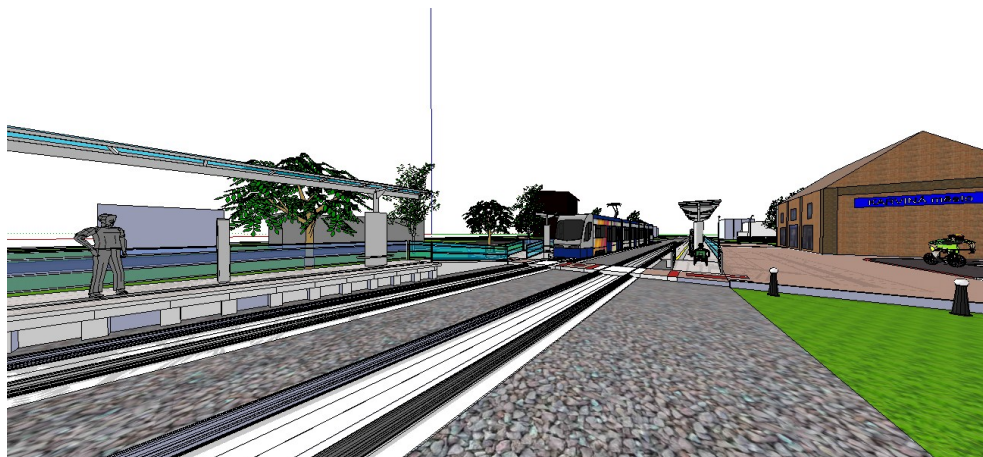
Nástupiště č. 1 a 2a, pohled z přístupové komunikace z ulice Rudé Armády



Nástupiště č. 1 a 2a, směr Havířov, Orlová



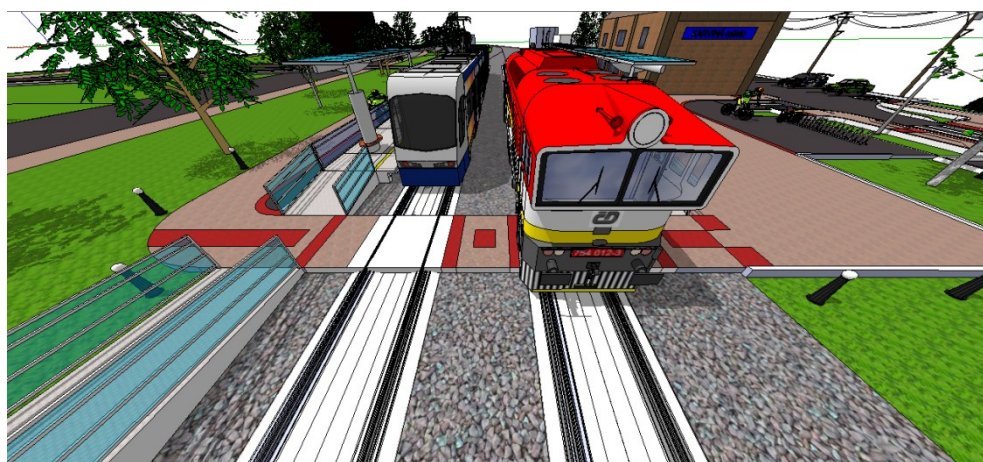
Nástupiště č. 1



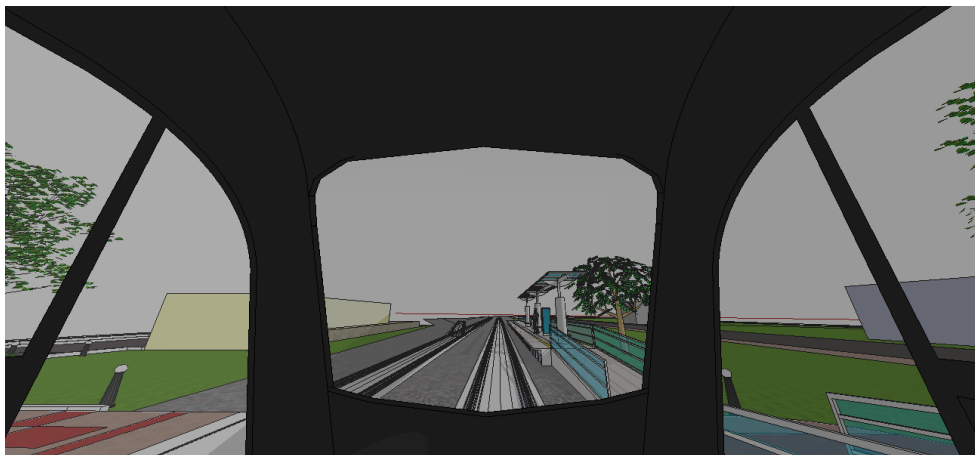
Nástupiště č. 2b



Nástupiště č. 2b a úrovňový přechod



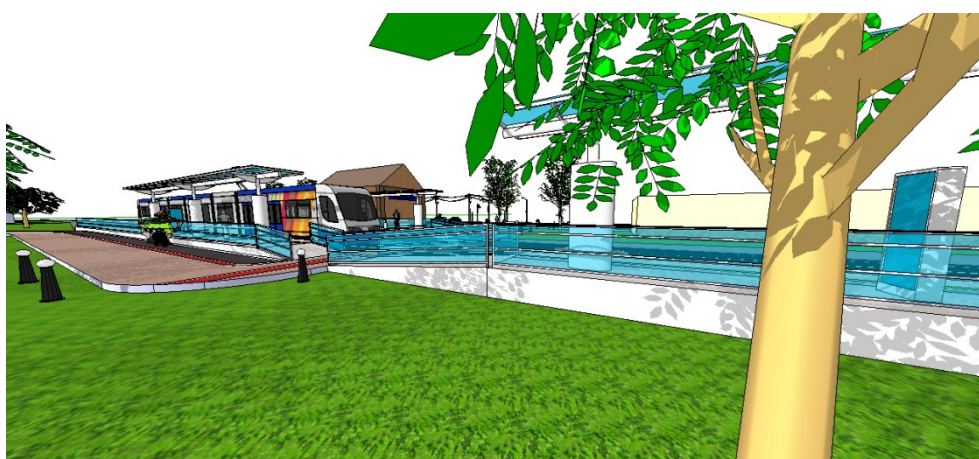
Úrovňový přechod



Pohled z vlakotramvaje směr Petrovice



Nástupiště č. 1



Nástupiště č. 2b a 2a, pohled na přístupovou komunikaci z ulice Rudé Armády

7.3. Příloha dokumentů

VYUŽITÍ VÍCESYSTÉMOVÉ KOLEJOVÉ DOPRAVY (tramtrain) V OBSLUŽNOSTI ÚZEMÍ

Doc. Ing. Bohumil Kubát, CSc., Ing. Martin Jacura Ing. Martin Vachtl

Abstrakt:

Příspěvek se zabývá technickými aspekty pro zřízení systému tramtrain v České republice. Tento systém, který využívá výhod klasické železnice a městské dráhy, není doposud na našem území realizován. Zahraniční zkušenosti však ukazují, že s jeho pomocí lze jednak zvýšit celkovou úroveň veřejné hromadné dopravy, jednak dosáhnout většího podílu cest uskutečňovaných veřejnou hromadnou dopravou. Protože doposud nejsou pro tramtrain v ČR zpracována žádná legislativní a normativní opatření, uvádí se v příspěvku základní technické parametry, jež je vhodné respektovat. Závěrem je zmíněn výčet relací vhodných pro zavedení provozu vlaků tramtrain v nejbližší době. Klíčová slova: tramtrain, železnice, městská dráha, obsluha území.

1. Úvod

Využití železničních tratí pro jízdu vlaků městských drah je velice lákavé a projekty, které navrhuji využití tohoto principu, se objevují po celé Evropě. Realizace přichází v úvahu především tam, kde jsou nedaleko od centra města satelitní sídla nebo samostatná předměstí. Pak se jeví účelné, aby vozidla obsloužila tento celek, s využitím železnice a vyšší rychlosti překonala vzdálenost mezi centrem a satelitem, na vhodném místě na pokraji městského centra opustila železniční trať a pokračovala opět jako městská dráha. Využití železniční infrastruktury samozřejmě znamená potenciální úsporu investičních nákladů.

Základními výhodami těchto kolejových systémů jsou zejména:

- odstranění přestupu železnice / tramvaj
- zkrácení cestovních dob
- zlepšení obsluhy území

Vzhledem k tomu, že s ohledem na zásady trvale udržitelného rozvoje se stává nutností v horším případě zachovat, v lepším zvýšit počet cest uskutečňovaných prostředky hromadné dopravy, jeví se kombinace systému tramvaj – železnice jako jedna z vhodných možností i pro Českou republiku.

2. Charakteristika systému

V českém jazyce by se dal pojem tramtrain definovat jako dopravní systém příměstské železnice závislé (elektrické) trakce, určený výhradně pro osobní dopravu. Svými návrhovými parametry je určitým kompromisem mezi klasickou železniční a tramvajovou tratí, respektive vozidla tohoto systému jsou schopna jezdit zároveň po železniční i tramvajové síti.

Tento či jiný podobný systém je svým charakterem předurčen k tomu, aby postupně nahrazoval

hustou příměstskou a regionální autobusovou dopravu v oblastech, kde autobusy již přestávají stačit jak kapacitou, tak komfortem cestování. V okolí větších a velkých měst tento způsob dopravy může nahradit i podstatnou část dopravy individuální, neboť srovnají-li se jízdní doby, cena přepravy a další kvalitativní ukazatele, může být příměstská kolejová doprava příznivější, zvláště pro dopravu do centra velkoměsta.

Zároveň se využití tohoto systému nabízí všude tam, kde není dostatečně kvalitní železniční spojení a kde jiná, například autobusová doprava, není schopna do budoucna vyhovět kapacitně ani kvalitativně požadavkům cestujících. Oproti klasické železnici však systém umožňuje lepší přizpůsobení se charakteru osídlení. Tuto výhodu lze ocenit právě v místech, kde železniční trať vede obchvatem kolem obce a pěší dostupnost zastávky je výrazně delší než dostupnost autobusové dopravy. Systém Tramtrain lze protáhnout dotyčnou obcí, přičemž průtah má charakter tramvajové tratě a na rozdíl od automobilové dopravy se může v obci stát určitou dominantou, a to jak po stránce dopravní, tak například po stránce architektonické. Neopomenutelné je i snížení negativních vlivů z dopravy na životní prostředí, zejména srovná-li se provoz vlaků „tramtrain“ s autobusovými linkami téže přepravní kapacity.

Možnosti dopravní cesty

Jak již bylo výše uvedeno, systém tramtrain může využívat v podstatě jakýkoliv typ kolejové dopravní cesty. Dopravní cestu tedy lze charakterizovat následovně:

Klasická železnice – stávající železniční síť, po které mohou jezdit vozidla systému TramTrain.

Provoz nelze samozřejmě zahájit ze dne na den, jsou nutné určité (byť minimální) úpravy (zejména technologického charakteru).

Lehká železnice – elektrizovaná železnice klasického typu, určená pro osobní dopravu. Proto má upraveny některé návrhové parametry, jako například maximální podélný sklon, poloměr oblouku, nápravový tlak a podobně. Svým charakterem odpovídá spíše regionálním tratím. V odborné literatuře bývá tento typ zmiňován jako LRT (Light Rail Track) a vesměs slouží pro hustou městskou a příměstskou dopravu.

Městská dráha – moderní tramvajová trať, na které je umožněn provoz vozidel systému tramtrain. Záměrně je použito pojmu městská dráha, neboť termín městská železnice značí spíše dopravní systém typu S-bahn (či lehkou železnici v městském intravilánu).

	Podélný sklon	Min. poloměr oblouku	Návrhová traťová rychlost	Trakční napětí (v ČR)	Obvyklá výška nástupní hrany
Klasická železnice	do 25 ‰	500 (300) m	80 - 160 km/h	3 kV= 25 kV~	200 - 550 mm
Lehká železnice	do 40 ‰	300 (200) m	80 - 120 km/h	3 kV= 25 kV~	200 - 550 mm
Městská dráha	do 70 ‰	50 (20) m	50 - 80 km/h	600 V= 750 V=	0 - 200 mm

Tabulka 1: Základní návrhové prvky systému

Možnosti obsluhy území

Z hlediska obsluhy území lze systém tramtrain rozdělit na tři základní typy. Prvním typem je klasický model, kdy se po městě vozidlo pohybuje jako tramvaj a na jeho hranicích přechází na železniční trať, po které dále pokračuje a obsluhuje oblast, přiléhající k této trati. Zmíněné uspořádání je vhodné pro menší a střední města, kde jízda po tramvajové síti z okraje do centra neznehodnocuje výhodu rychlého příměstského spojení.

Druhým a poněkud opačným typem je možné použití systému tramtrain ve velkých městech. Tam již obvykle bývá jízdní doba v tramvajové síti neakceptovatelná pro rychlé příměstské spojení. Nabízí se tedy využít v intravilánu železniční trať. Jako tramvaj se pak takové vozidlo může pohybovat například v satelitním městě. Nastíněné řešení má dvě základní funkce, a těmi jsou jednak připojení satelitu ke spádovému městu a jednak vlastní obsluha satelitního města uvnitř.

Třetím typem možného uspořádání systému tramtrain je kombinace obou zmíněných možností, tedy například propojení dvou měst v uspořádání tramvaj – železnice – tramvaj nebo příměstská diametrála železnice – tramvaj – železnice.

Volba dopravního prostředku pro obsluhu území

Vybudování dobře fungujícího systému kombinace železniční a tramvajové dopravy je technicky i provozně náročné, proto je třeba každý jeho prvek odpovědně zvážit a každé řešení řádně zdůvodnit. Jde především o dva základní atributy, které musí tento systém zvýhodnit před jiným způsobem obsluhy:

- vyšší cestovní rychlost
- odpovídající přepravní kapacita

Vyšší cestovní rychlosti bývá zpravidla dosaženo díky lepší trakční charakteristice lehkých kolejových vozidel elektrické trakce (tramtrain) oproti tradičním železničním vozidlům trakce motorové, které jsou provozovány na tratích regionálního charakteru. Cestovní dobu ze zdroje do cíle cesty lze zásadně zkrátit právě odstraněním čekání na návazný spoj při přestupu mezi dopravními systémy. Opačně lze říci, že při zachování stejné cestovní rychlosti (doby) lze na trase umístit více zastávek, čímž se zlepšuje obsluha území.

Velmi důležitým parametrem je přepravní kapacita (nabídka). Ta je dána jednak vlastní obsaditelností dopravního prostředku, jednak minimální délkou intervalu mezi spoji, respektive počtem spojů ve sledovaném období.

Interval [min]	15	20	30	60	120
Nabídka [sedících os/hod]	340	255	170	85	42
Nabídka [celkem os/hod]	880	660	440	220	110

Tabulka 2: Orientační přepravní nabídka

3. Nejdůležitější požadavky na infrastrukturu

Přestože jsou vozidla systému tramtrain přizpůsobena pro provoz na železničních i tramvajových tratích, nelze se zcela vyhnout určitým úpravám stávající infrastruktury.

Vztah kolo - kolejnice

Jedním z klíčových prvků vzájemného působení vozidla a dopravní cesty je vztah kolo – kolejnice. Vzhledem k odlišné konstrukci kolejového svršku železniční a tramvajové trati je třeba tento

vztah uspokojivě vyřešit tak, aby nedocházelo k nadměrnému ojíždění kolejnic obou systémů a aby byl zachován jízdní komfort při průjezdu vozidla přes výhybky či kolejová křížení. Z technického hlediska lze tento problém řešit v podstatě dvěma způsoby.

První možností je použití žlábkových kolejnic se širším a hlubším žlábkem, vhodných pro pojíždění tramvajovým i železničním profilem kola. Jedná se například o kolejnice typu NP4.

V místech s otevřeným kolejovým ložem je možné použít širokopatní kolejnice tvaru S49.

Druhou možností je konstrukce zcela nového profilu kola vozidel tramtrain, umožňujícího jízdu po tramvajovém i železničním svršku. Toto řešení se zdá být vhodnější, protože minimalizuje zásahy do stávající kolejové sítě. Mnozí výrobci kolejových vozidel již tuto problematiku zdárně řeší.

Napájení

Vozidla systému tramtrain je zpravidla nutné provozovat pod různými trakčními soustavami.

V úsecích, kde vozidla sdílí dopravní cestu se železnicí, to bývá napětí 3 kV= nebo 25 kV~.

Je samozřejmě možné i v tomto případě zřídit napájecí systém městského typu, to znamená 600 či 750 V=, a to za předpokladu, že trať není elektrizovaná a s její elektrizací se ani výhledově nepočítá (například úsek Vratislavice nad Nisou – Jablonec nad Nisou v systému RegioTram Nisa).

V případě městského intravilánu bývá napětí v tramvajové síti 600 nebo 750 V=. Ani tuto podmínku není nutno striktně dodržovat, a to zejména v případech, kde trať nevede v přímé blízkosti zastavby či významných inženýrských sítí.

Důležitým aspektem při návrhu napájení systému tramtrain je stykové místo trakčních soustav.

To by se v zásadě nemělo nacházet v železničních stanicích, neboť při souběhu dvou trakčních vedení o různém napětí dochází k jejich vzájemnému ovlivňování (indukované napětí). Takto indukované napětí může přesáhnout určitou mez a může nepříznivě působit v trolejové síti tramvajové traktce. Stykové místo by tedy mělo být pokud možno mimo stanici a ve vodorovném úseku tratě, neboť vozidla tímto místem projíždějí bez odběru trakčního proudu a musí tudíž mít dostatečnou rychlost pro průjezd setrvačností v obou směrech.

Průjezdny průřez

Systém tramtrain samozřejmě musí respektovat průjezdny průřez železniční i tramvajové trati.

Tento problém se na první pohled může zdát zanedbatelný, neboť vozidla systému TramTrain vychází svými rozměry z požadavků na vozidla v městském provozu, tedy tramvají. Právě to však může být klíčovým problémem, a to zejména při konstrukci nástupišť u železničních tratí.

Nástupiště

Vzhledem k rozdílným rozměrům tramvajových a železničních vozidel je potřeba navrhnout nástupiště tak, aby vyhovovala oběma systémům, tj. aby nástupiště příměstské tramvaje neomezovala železniční provoz a naopak. Protože jízda tramvajových vozidel po železniční síti nemá prozatím v České republice precedent a s touto možností nepočítají platné vyhlášky ani technické normy, je nutné při konstrukci nástupišť uplatnit řadu výjimek. Z prostorových i provozních důvodů je vhodné navrhnout jednotné nástupiště tak, aby vyhovovalo jak pro nástup a výstup cestujících

z vozidla tramtrain, tak z klasických železničních vozů.

Při respektování těchto podmínek se naskýtají v podstatě dva způsoby konstrukce společných nástupišť. Prvním z nich je dodržení všech zásad pro navrhování nástupišť pro železniční tratě.

Vzniklý horizontální a vertikální rozdíl mezi vozidlem tramtrain a nástupní hranou lze řešit pomocí výsuvných ramp u všech dveří vozidla. Tento způsob má však své odpůrce, neboť mnoho lidí stále zastává názor, že čím složitější technologie, tím je větší pravděpodobnost její poruchy.

Obrázek 1: Detail možného uspořádání nástupiště

Druhou možností je konstrukce nástupiště dle obr. 1. Spočívá v úpravě úrovně nástupiště, respektive v jeho přisunutí k ose koleje až na hranici železničního průjezdného průřezu. Takto upravené nástupiště může sloužit zároveň pro železnici i tramtrain. Při výšce podlahy vozidla tramtrain 350 mm nad temenem kolejnice (TK) nástupiště splňuje jednu z podmínek nízkopodlažního přístupu, a to výšku podlahy 150 mm nad nástupní hranou. Je ovšem překročena horizontální vzdálenost. V tomto případě činí 170 mm oproti požadovaným 100 mm. Tento rozdíl je lehce překonatelný, navíc zcela běžný například při nástupu a výstupu z autobusů či tramvají. Pro osoby se sníženou pohyblivostí by bylo vhodné vozidlo doplnit výsuvnou rampou alespoň u jedné dveři.

Obrázek 2: Řešení rozdílných poloh dvou nástupištních hran za sebou (Stollberg, Německo)

Zabezpečovací a sdělovací zařízení

Důležitou a nedílnou součástí každého dopravního systému je řádně fungující a spolehlivé zabezpečovací a sdělovací zařízení. V případě systému tramtrain je to vlastně požadavek dvojitý. Vozidlo musí komunikovat se zabezpečovacím zařízením železnice, respektive musí umožňovat přenos signálu vlakového zabezpečovače (VZ) k řidiči vozidla. Při jízdě po tramvajové síti není nutné zvláštní zabezpečovací zařízení, neboť se jízda řídí dle rozhledových poměrů (jízda za předchozím vozidlem, světelná signalizační zařízení apod.).

Sdělovací zařízení vozidel Tramtrain musí umožňovat neustálou radiovou komunikaci jak s dispečerem tramvajového provozu, tak s dispečerem železničního provozu.

4. Rozhodující požadavky na vozidla

Jelikož v České republice dosud nejsou provozována žádná podobná vozidla, nejsou stanoveny jejich provozní parametry a potřebné vybavení. Na základě zkušeností z již provozovaných systémů v zahraničí je níže sestaven výčet nezbytného vybavení a technických parametrů vozidla s ohledem na provozní a technické požadavky infrastruktury, ale i pohodlí pro cestující. Údaje vesměs vychází z platných norem pro provoz tramvajových vozidel v České republice.

- obousměrné vozidlo
- široké (dvoukřídlé) posuvné vstupní dveře po obou stranách vozidla
- pokud možno rovnoměrné uspořádání vstupních dveří po délce soupravy
- kapacita vozidla min. 80 míst k sezení (jednopodlažní článkové vozidlo)
- závislá trakce, vrchní odběr elektrického proudu
- napájecí napětí 3 kV= / 25 kV~ (železnice), 600 V= / 750 V= (město)
- možnost jízdy podle rozhledových poměrů

- rychlost alespoň 100 km/h
- rozchod 1435 mm
- šířka skříně vozu 2,65 m
- délka článkového vozidla max. 40 m
- zrychlení min. 1,1 m/s², zpomalení min. 1,12 m/s² provozní brzda, 2,3 m/s² kolejová brzda
- výška nástupních prostor 330 - 350 mm nad temenem kolejnice
- průjezd oblouku o minimálním poloměru 20 m
- stoupavost 70 ‰
- stlačovací síla minimálně 600 kN (lépe 800 kN)
- směrová a brzdová světla
- vnější boční sklopná zpětná zrcátka na obou stanovištích
- plošiny pro vyrovnání horizontálních rozdílů mezi podlahou vozidla a nástupištěm alespoň u jedné dveři
- informační panely na čelech, bocích a uvnitř vozidla
- přenos signálu vlakového zabezpečovače železnice
- automatická spřáhla pro rychlé spřahování vozidel do souprav

Tabulka 3: Základní parametry vozidel

Vozidla systému tramtrain by měla mít možnost pracovat ve dvou režimech – v režimu „železnice“ nebo „tramvaj“. K tomu se váží i některé funkce vozidla, například při režimu „tramvaj“ je zvuková výstraha dávana zvoncem, oproti tomu v režimu „železnice“ houkačkou atd.

5. Technologické aspekty

Vlastní skloubení provozu dvou systémů bude znamenat vyřešení některých specifických problémů. Řidič vlakotramvaje se od místa vjetí na kolej SŽDC, s. o. bude řídit předpisy Českých drah, ze kterých složí zkoušku. Místo styku železniční dráhy celostátní a dráhy tramvajové musí být jednoznačně určeno nepřenosným návěstidlem. Na trati mohou být dva typy nástupišť - pro vlaky a pro vozidla tramtrain. Pro jejich rozlišení je nutné navrhnout označení konce nástupiště pro systém tramtrain zvláštním nepřenosným návěstidlem s návěstí „konec nástupiště tramtrain“ - podobně jako je nástupiště vlaků na železnici označeno „konec nástupiště“.

Kromě toho se styk soustav „tramvaj - železnice“ jeví méně příznivý než styk „speciální železnice - železnice“. Důvod je zřejmý: speciální železnice (metro, S-bahn) má vyčleněné vlastní drážní těleso a její provoz není nebo je jen omezeně ovlivňován jinými vnějšími faktory. V takových podmínkách pak kolejové vozidlo má vysokou pravděpodobnost, že do druhého systému (železnice) přejde v předpokládaný čas. Podmínky pro provoz tramvaje jsou z tohoto pohledu méně příznivé. Okolností, které mohou způsobit zpoždění, je celá řada (dopravní kalamity, nehody). Přitom zejména na jednokolejné trati je velmi žádoucí, aby vozidlo tramtrain přijelo ve stanovenou dobu. Pokud nepojede včas, zpoždění se pak přenáší díky křížování v určených stanicích na další následné vlaky. Z tohoto pohledu lze charakterizovat předpoklady pro bezkonfliktní provoz následovně:

Železnice Návazný systém

Lehká železnice Městská dráha

vícekolejná (segregovaná) výborné velmi dobré

dvoukolejná velmi dobré přijatelné

jednokolejná přijatelné málo uspokojivé

Tabulka 4: Předpoklady pro návaznost systému

Přesto však lze návaznost zajistit i při přechodu vozidel na jednokolejnou železniční trať, zejména vhodně zvoleným místem přechodu mezi oběma systémy (například v blízkosti zastávky, aby vozidla mohla vyčkávat na volnou trať během nástupu a výstupu cestujících).

6. Legislativní aspekty

Protože v České republice v podstatě není, ani doposud nebyl požadavek na podobný systém, není tento problém přímo zanesen ani v legislativní oblasti.

Zákon č. 266/94 Sb. o drahách (ve znění zákona 23/2000 Sb.) a Vyhl. č. 173/95 Sb., kterou se vydává dopravní řád drah, styk dráhy tramvajové a železniční pro pravidelnou dopravu nepředpokládají. Styk drah je míněn pouze ve vztahu mezi železničními drahami celostátními, regionálními, vlečkami a speciálními.

Podmínky pro styk dráhy tramvajové s železniční by proto musely být zevrubně posouzeny dopravními odborníky a následně zapracovány do legislativního rámce.

Dalším z důležitých úkolů při zavádění systémů tramtrain bude úprava stávajících či vytvoření nových Českých státních norem (ČSN), resp. jejich převzetí ze zemí Evropské unie (EN) a souvisejících technických předpisů. Rovněž bude nutné vyhotovit předpisy či metodické pokyny pro zřizování těchto moderních dopravních systémů.

7. Výhled systému tramtrain v ČR

Systém lehké příměstské kolejové dopravy typu tramtrain je možné využít takřka ve všech větších městech České republiky. Mnozí představitelé měst či regionů si již tuto možnost uvědomili a v některých regionech je již podobný systém ve fázi studií či dokonce projektů. Zatím nejdále je město Liberec, kde se připravuje nové propojení tramvajové sítě s Jabloncem nad Nisou po železniční trati (trať ČD 034 v úseku Vratislavice nad Nisou – Jablonec nad Nisou dolní nádraží). Provoz by zde měl být zahájen v nejbližších letech, snahou je zprovoznit první fázi do Mistrovství světa v klasickém lyžování. Návrh zdejšího dopravního systému, nazvaného RegioTram Nisa, je ovšem mnohem rozsáhlejší. Počítá s expanzí po železničních tratích od Zittau (Německo) přes Liberec, Tanvald a Harrachov až do Jeleniej Góry (Polsko).

Záměry na zavedení dopravního systému tramtrain existují rovněž v Plzni, velice příhodné podmínky pro zřízení dopravního systému, kombinujícího vlak a tramvaj, má také město Ostrava. Zde je rozsáhlá síť z části neprovozovaných vleček, které lze po menších úpravách použít pro osobní dopravu a nahradit tak některé autobusové linky. V nejbližší době se uvažuje o realizaci takového systému pro spojení Ostrava – Hlučín a Ostrava – Orlová (s případným prodloužením ke Karviné). Dalším městem s rozsáhlou tramvajovou sítí, která může být napojena na železniční trať, je Brno. I zde se začínají projevovat snahy o realizaci příměstského systému lehké kolejové dopravy. Nepochybně lákáva je možnost využít tohoto systému pro dopravní obsluhu horských

rekreačních oblastí. Zde by se využily stávající regionální trati, z nichž by pokračovaly „větve“ do centrálních partií hor. Vzhledem ke skutečnosti, že tak dojde k výraznému zvýšení úrovně kultury cestování, si lze od takového opatření slibovat významné snížení problémů s IAD, které momentálně, zejména ve střediscích zimních sportů, panují. K realizaci vícesystémové kolejové dopravy se nabízí Orlické hory, Krušné hory, Šumava a též Krkonoše.

Nezbývá než vyjádřit přání, aby byla v dohledné době překonána všechna úskalí, jdoucí ruku v ruce se zaváděním těchto moderních projektů do praxe. Doufejme, že se Česká republika brzy zařadí mezi země, kde budou mít obdobné projekty zelenou a že veřejná doprava bude zaujímat čím dál větší podíl na přepravním trhu.

7.4. Příloha výpočtů (výstup z MS Excel)

7.4.1. Převýšení koleje posudek

Výpočet převýšení kolejí:

1. Poloměr směrového oblouku:

R= 200 m

2. Rychlosti provozovaných souprav:

a) Návrhová rychlost: $v=$ 30 km/h
 b) Nejnižší rychlost: $v=$ 0 km/h
 c) Nejvyšší požadovatelná rychlost: $v=$ 35 km/h

3. Převýšení:

a) Teoretické Převýšení:

$p_t=11.8v^2/R=$ 53.1 mm 54 mm (20-150 mm) **Vyhovuje**

b) Doporučené převýšení pro $V < 120$ km/h:

$p_{dl}=7.1V^2/R=$ 31.95 mm 0 mm (20-150 mm) **Vyhovuje**

4.Posudek:

a) Nedostatek převýšení: 73 mm
 $I_n=$ 80 mm **Vyhovuje**
 $I_{lim}=$ 100 mm **Vyhovuje**
 $I_{max}=$ 100 mm **Vyhovuje**
 $I_{maxlim}=$ 130 mm **Vyhovuje**

Tabulka 1 – Hodnoty standardního, mezního a maximálního nedostatku převýšení I_n , I_{lim} , I_{max} v kolejích, ve kterých je hodnota nedostatku převýšení konstantní nebo plynule se mění a ve kterých neleží výhybky ani výhybkové konstrukce

Rychlost	Standardní hodnota	Mezní hodnota	Maximální hodnota
[km/h]	I_n [mm]	I_{lim} [mm]	I_{max} [mm]
$V \leq 80$	80	100	100 (130 ^a)
$80 < V \leq 230$			130 (150 ^b)
$230 < V \leq 250$	60		80
$250 < V \leq 300$		130	

^a Lze pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

^b Lze pouze pro vozidla vlaků osobní dopravy

^c Lze pouze pro poloměr směrového oblouku $R \geq 250$ m. V poloměrech $R < 250$ m lze projektovat $I_{max} = 130$ mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

b) Přebytek převýšení: 0 mm

$E_{lim}=$	80	mm	Vyhovuje
$E_{max}=$	110	mm	Vyhovuje

c) Max. převýšení dle GPK při $R < 290$ m:

$$(R-50)/1.5 = 100 \quad \underline{100} \quad \underline{\text{mm}} \quad \text{Vyhovuje}$$

5. Posouzení maximální dovolené rychlosti vozidla pohybujícího se ve směrovém oblouku:

$$a_q = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{1500} \leq a_{q,max} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$a_{q,max} = \frac{I_{max}}{153} \quad [\text{m/s}^2]$$

$a_q = 0.473$

$a_{qmax} = 0.850 \quad \text{Vyhovuje}$

6. Rozšíření rozchodu kolejnic:

$$\Delta e = 7150/R - 26 = 10 \quad \text{mm}$$

Výpočet převýšení kolejí:

1. Poloměr směrového oblouku:

$$R = 180 \quad \text{m}$$

2. Rychlosti provozovaných souprav:

a) Návrhová rychlost:	$v =$	30	km/h
b) Nejnižší rychlost:	$v =$	0	km/h
c) Nejvyšší požadovatelná rychlost:	$v =$	35	km/h

3. Převýšení:

a) Teoretické Převýšení:

$$p_t = 11.8v^2/R = 59 \quad \text{mm} \Rightarrow \underline{59} \quad \underline{\text{mm}} \quad (20-150 \text{ mm}) \quad \text{Vyhovuje}$$

b) Doporučené převýšení pro $V < 120$ km/h:

$$p_{dl} = 7.1V^2/R = 35.5 \quad \text{mm} \Rightarrow \underline{0} \quad \underline{\text{mm}} \quad (20-150 \text{ mm}) \quad \text{Vyhovuje}$$

4. Posudek:

a) Nedostatek převýšení:	81	mm
$I_n =$	80	mm
$I_{lim} =$	100	mm
$I_{max} =$	100	mm
	Nevyhovuje	
	Vyhovuje	
	Vyhovuje	

$I_{\max} = 130 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

Tabulka 1 – Hodnoty standardního, mezního a maximálního nedostatku převýšení I_n , I_{\lim} , I_{\max} v kolejkách, ve kterých je hodnota nedostatku převýšení konstantní nebo plynule se mění a ve kterých neleží výhybky ani výhybkové konstrukce

Rychlost	Standardní hodnota	Mezní hodnota	Maximální hodnota
[km/h]	I_n [mm]	I_{lim} [mm]	I_{max} [mm]
$V \leq 80$	80	100	100 (130 ^c)
$80 < V \leq 230$			130 (150 ^b)
$230 < V \leq 250$	60		130 (150 ^{ab})
$250 < V \leq 300$		80	130

^a Lze pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

^b Lze pouze pro vozidla vlaků osobní dopravy

^c Lze pouze pro poloměr směrového oblouku $R \geq 250$ m. V poloměrech $R < 250$ m lze projektovat $I_{max} = 130$ mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

b) *Přebytek převýšení:* **0 mm**

$E_{\lim} = 80 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

$E_{\max} = 110 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

c) *Max. převýšení dle GPK při $R < 290 \text{ m}$:*

$(R-50)/1.5 = 86.66667$ **87 mm Vyhovuje**

5. Posouzení maximální dovolené rychlosti vozidla pohybujícího se ve směrovém oblouku:

$$a_q = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{1500} \leq a_{q,\max} \quad [\text{m/s}^2]$$

$$a_{q,\max} = \frac{I_{\max}}{153} \quad [\text{m/s}^2]$$

$a_q = 0.525$

$a_{q,\max} = 0.850$ **Vyhovuje**

6. Rozšíření rozchodu kolejnic:

$\Delta e = 7150/R - 26 = 14 \text{ mm}$

7.4.2. Převýšení koleje Varianta A

Výpočet převýšení kolejí:

1. Poloměr směrového oblouku:

$R = 700 \text{ m}$

2. Rychlosti provozovaných souprav:

a) Návrhová rychlost: $v = 80 \text{ km/h}$

b) Nejnižší rychlost: $v = 0 \text{ km/h}$

c) Nejvyšší požadovatelná rychlost: $v = 107 \text{ km/h}$

3. Převýšení:

a) Teoretické Převýšení:

$p_t = 11.8v^2/R = 107.8857 \text{ mm} \Rightarrow \underline{108} \text{ mm} \text{ (20-150 mm) Vyhovuje}$

b) Doporučené převýšení pro $V < 120 \text{ km/h}$:

$p_{dl} = 7.1V^2/R = 64.91429 \text{ mm} \Rightarrow \underline{65} \text{ mm} \text{ (20-150 mm) Vyhovuje}$

4. Posudek:

a) Nedostatek převýšení: **128 mm**

$I_n = 80 \text{ mm}$ **Nevyhovuje**

$I_{lim} = 100 \text{ mm}$ **Nevyhovuje**

$I_{max} = 100 \text{ mm}$ **Nevyhovuje**

$I_{maxlim} = 130 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

Tabulka 1 – Hodnoty standardního, mezního a maximálního nedostatku převýšení I_n , I_{lim} , I_{max} v kolejích, ve kterých je hodnota nedostatku převýšení konstantní nebo plynule se mění a ve kterých neleží výhybky ani výhybkové konstrukce

Rychlost	Standardní hodnota	Mezní hodnota	Maximální hodnota
[km/h]	I_n [mm]	I_{lim} [mm]	I_{max} [mm]
$V \leq 80$	80	100	100 (130 ^c)
$80 < V \leq 230$			130 (150 ^b)
$230 < V \leq 250$	60		130 (150 ^{a,b})
$250 < V \leq 300$		80	130

^a Lze pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

^b Lze pouze pro vozidla vlaků osobní dopravy

^c Lze pouze pro poloměr směrového oblouku $R \geq 250$ m. V poloměrech $R < 250$ m lze projektovat $I_{max} = 130$ mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

b) *Přebytek převýšení:* **65 mm**

$E_{lim} = 80 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

$E_{max} = 110 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

c) *Max. převýšení dle GPK při $R < 290 \text{ m}$:*

$(R-50)/1.5 =$ Neuvažuje se **##### mm #####**
###

5. Posouzení maximální dovolené rychlosti vozidla pohybujícího se ve směrovém oblouku:

$$a_q = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{1500} \leq a_{q,max} \quad [m/s^2]$$

$$a_{q,max} = \frac{I_{max}}{153} \quad [m/s^2]$$

$a_q =$ **0.82**
9

$a_{q,max} =$ **0.85** **Vyhovuje**
0

6. Návrh lineární vzetupnice:

a) součinitel sklonu vzetupnice: $n=10.v$ **800** **Vyhovuje**
=

Tabulka 4 – Hodnoty součinitele „n“ určujícího sklon lineární vzetupnice a časové změny převýšení dD/dt

Rychlostní pásmo	Součinitel sklonu vzetupnice n [–] Časová změna převýšení (dD/dt) [mm/s]									
	Standardní		Mezní		Maximální / minimální					
	n_n	$(dD/dt)_n$	n_{lim}	$(dD/dt)_{lim}$	n_{min}	$(dD/dt)_{max}$				
$V \leq 80 \text{ km/h}$	10. V	27,78	6. V^a	46,30 ^a	6. V^b	46,30 ^b				
$80 \text{ km/h} < V \leq 120 \text{ km/h}$			7. V	39,68	6. V	46,30				
$120 \text{ km/h} < V \leq 160 \text{ km/h}$			8. V	34,72	7. V	39,68				
$160 \text{ km/h} < V \leq 200 \text{ km/h}$	12. V	23,15					10. V	27,78	8. V	34,72
$200 \text{ km/h} < V \leq 300 \text{ km/h}$										
^a Současně sklon lineární vzetupnice nemá být větší než 1:445.										
^b Současně sklon lineární vzetupnice nesmí být větší než 1:400.										

b) Délka přechodnice:

$L_p =$ **52 m**

c) Délka vzetupnice:

$L_d = L_p =$ **52 m**

d) sklon vzestupnice:

Poměrně:

1 : 800

Promilně:

1.25 ‰

Výpočet převýšení kolejí:

1. Poloměr směrového oblouku:

R= 350 m

2. Rychlosti provozovaných souprav:

a) Návrhová rychlost: v= 70 km/h

b) Nejnižší rychlost: v= 0 km/h

c) Nejvyšší požadovatelná rychlost: v= 80 km/h

3. Převýšení:

a) Teoretické Převýšení:

$p_t = 11.8v^2/R = 165.2$ mm \Rightarrow **166 mm** (20-150 mm) **Nevyhovuje**

b) Doporučené převýšení pro $V < 120$ km/h:

$p_{dl} = 7.1V^2/R = 99.4$ mm \Rightarrow **100 mm** (20-150 mm) **Vyhovuje**

4. Posudek:

a) Nedostatek převýšení: **116 mm**

$I_n = 80$ mm **Nevyhovuje**

$I_{lim} = 100$ mm **Nevyhovuje**

$I_{max} = 100$ mm **Nevyhovuje**

$I_{maxlim} = 130$ mm **Vyhovuje**

Tabulka 1 – Hodnoty standardního, mezního a maximálního nedostatku převýšení I_n , I_{lim} , I_{max} v kolejích, ve kterých je hodnota nedostatku převýšení konstantní nebo plynule se mění a ve kterých neleží výhybky ani výhybkové konstrukce

Rychlost [km/h]	Standardní hodnota I_n [mm]	Mezní hodnota I_{lim} [mm]	Maximální hodnota I_{max} [mm]
$V \leq 80$	80	100	100 (130 ^c)
$80 < V \leq 230$			130 (150 ^b)
$230 < V \leq 250$			130 (150 ^{ab})
$250 < V \leq 300$	60	80	130

^a Lze pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

^b Lze pouze pro vozidla vlaků osobní dopravy

^c Lze pouze pro poloměr směrového oblouku $R \geq 250$ m. V poloměrech $R < 250$ m lze projektovat $I_{max} = 130$ mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

b) Přebytek převýšení: **100 mm**

$E_{lim} = 80 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

$E_{max} = 110 \text{ mm}$ **Vyhovuje**

c) Max. převýšení dle GPK při $R < 290 \text{ m}$:

$(R-50)/1.5 =$ Neuvažuje se ##### mm #####

5. Posouzení maximální dovolené rychlosti vozidla pohybujícího se ve směrovém oblouku:

$$a_q = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{1500} \leq a_{q,max} \quad [m/s^2]$$

$$a_{q,max} = \frac{l_{max}}{153} \quad [m/s^2]$$

$a_q =$ **0.74**
4

$a_{q,max} =$ **0.85** **Vyhovuje**
0

6. Návrh lineární vzestupnice:

a) součinitel sklonu vzestupnice: $n=10$. $v= 700$ **Vyhovuje**

Tabulka 4 – Hodnoty součinitele „n“ určujícího sklon lineární vzestupnice a časové změny převýšení dD/dt

Rychlostní pásmo	Součinitel sklonu vzetupnice n [–] Časová změna převýšení (dD/dt) [mm/s]					
	Standardní		Mezní		Maximální / minimální	
	n_n	(dD/dt) $_n$	n_{lim}	(dD/dt) $_{lim}$	n_{min}	(dD/dt) $_{max}$
$V \leq 80$ km/h	10. V	27,78	6. V^a	46,30 ^a	6. V^b	46,30 ^b
80 km/h < $V \leq 120$ km/h			7. V	39,68	6. V	46,30
120 km/h < $V \leq 160$ km/h			8. V	34,72	7. V	39,68
160 km/h < $V \leq 200$ km/h	12. V	23,15	10. V	27,78	8. V	34,72
200 km/h < $V \leq 300$ km/h						
^a Současně sklon lineární vzetupnice nemá být větší než 1:445.						
^b Současně sklon lineární vzetupnice nesmí být větší než 1:400.						

b) Délka přechodnice:

$L_p = 70 \text{ m}$

c) Délka vzestupnice:

$L_d = L_p = 70 \text{ m}$

d) sklon vzestupnice:

Poměrně:

1 : 700

Promilně:

1.43 ‰

7.4.3. Převýšení koleje Varianta B

Výpočet převýšení kolejí:

1. Poloměr směrového oblouku:

R= 500 m

2. Rychlosti provozovaných souprav:

a) Návrhová rychlost: $v=$ 70 km/h

b) Nejnižší rychlost: $v=$ 0 km/h

c) Nejvyšší požadovatelná rychlost: $v=$ 92 km/h

3. Převýšení:

a) Teoretické Převýšení:

$p_t=11.8v^2/R=$ 115.64 mm \Rightarrow **116 mm** (20-150 mm) **Vyhovuje**

b) Doporučené převýšení pro $V < 120$ km/h:

$p_{dl}=7.1V^2/R=$ 69.58 mm \Rightarrow **70 mm** (20-150 mm) **Vyhovuje**

4. Posudek:

a) Nedostatek převýšení: **130 mm**

$I_n=$ 80 mm **Nevyhovuje**

$I_{lim}=$ 100 mm **Nevyhovuje**

$I_{max}=$ 100 mm **Nevyhovuje**

$I_{maxlim}=$ 130 mm **Vyhovuje**

Tabulka 1 – Hodnoty standardního, mezního a maximálního nedostatku převýšení I_n , I_{lim} , I_{max} v kolejích, ve kterých je hodnota nedostatku převýšení konstantní nebo plynule se mění a ve kterých neleží výhybky ani výhybkové konstrukce

Rychlost	Standardní hodnota	Mezní hodnota	Maximální hodnota
[km/h]	I_n [mm]	I_{lim} [mm]	I_{max} [mm]
$V \leq 80$	80	100	100 (130 ^a)
$80 < V \leq 230$			130 (150 ^b)
$230 < V \leq 250$	60		130 (150 ^{ab})
$250 < V \leq 300$		80	130

^a Lze pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

^b Lze pouze pro vozidla vlaků osobní dopravy

^c Lze pouze pro poloměr směrového oblouku $R \geq 250$ m. V poloměrech $R < 250$ m lze projektovat $I_{max} = 130$ mm pouze pro vozidla s omezenými silovými účinky na trať (maximální hmotnost na nápravu 18 t)

b) Přebytek převýšení: **70** mm

$E_{lim} = 80$ mm **Vyhovuje**

$E_{max} = 11$ mm **Vyhovuje**
0

c) Max. převýšení dle GPK při $R < 290$ m:

$(R-50)/1.5 =$ Neuvažuje se ##### mm #####
###

5. Posouzení maximální dovolené rychlosti vozidla pohybujícího se ve směrovém oblouku:

$$a_q = \frac{V^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{1500} \leq a_{q,max} \quad [m/s^2]$$

$a_q = 0.840$

$$a_{q,max} = \frac{I_{max}}{153} \quad [m/s^2]$$

$a_{q,max} = 0.850$ **Vyhovuje**

6. Návrh lineární

vzestupnice:

a) součinitel sklonu vzestupnice: $n=10.v = 700$ **Vyhovuje**

Tabulka 4 – Hodnoty součinitele „n“ určujícího sklon lineární vzestupnice a časové změny převýšení dD/dt

Rychlostní pásmo	Součinitel sklonu vstoupnice n [–] Časová změna převýšení (dD/dt) [mm/s]									
	Standardní		Mezní		Maximální / minimální					
	n_n	(dD/dt) _n	n_{lim}	(dD/dt) _{lim}	n_{min}	(dD/dt) _{max}				
$V \leq 80$ km/h	10. V	27,78	6. V ^a	46,30 ^a	6. V ^b	46,30 ^b				
80 km/h < $V \leq 120$ km/h			7. V	39,68	6. V	46,30				
120 km/h < $V \leq 160$ km/h			8. V	34,72	7. V	39,68				
160 km/h < $V \leq 200$ km/h	12. V	23,15					10. V	27,78	8. V	34,72
200 km/h < $V \leq 300$ km/h										
^a Současné sklon lineární vstoupnice nemá být větší než 1:445.										
^b Současné sklon lineární vstoupnice nesmí být větší než 1:400.										

b) Délka přechodnice:

$L_p = 49$ m

c) Délka vzestupnice:

$L_d = L_p = 49$ m

d) sklon vzestupnice:

Poměrně:

1 : 700

Promilně:

1.43 ‰

7.4.4. Rozhledy na přejezdech

Rozhledy na přejezdech ČSN 73 6380

Přejezd km 2.895

Rychlost vozidla před přejezdem (km/h) **20**Traťová rychlost (km/h) **40**Podélný sklon pozemní komunikace % **0**

1) Rozhledové délky pro silniční vozidlo:

a) L_r - je délka úseku dráhy před přejezdem (a za přejezdem pro drážní vozidla opačného směru), kterou projede čelo drážního vozidla traťovou rychlostí za dobu potřebnou pro řidiče uvedeného silničního vozidla, aby mohl spolehlivě zastavit na délce rozhledu pro zastavení Dz. L_r určíme dle tabulky 1.

hodnota	VŽ	km.h ⁻¹	10	20	30	40	50	60
doporučená pro silnice i místní komunikace	L_r	m	16	32	48	64	81	97
nejmenší pro silnice a místní komunikace funkční skupiny A a B	L_r	m	12	24	36	48	60	72
nejmenší pro místní komunikace funkční skupiny C a funkční podskupiny D1	L_r	m	11	21	32	42	53	63

Tabulka 1 – Rozhledová délka pro silniční vozidla

Zdroj: ČSN 73 6380

Minimální délka L_r pro traťovou rychlost 40 km/h: **64 m**

b) Dz- délka rozhledu pro zastavení, délka nutná pro zastavení vozidla před výstražným křížem, při spatření vlaku ve vzdálenosti L_r před místem křížení osy komunikace s osou krajní koleje.

Zabezpečený přejezd:

$$D_z = 0,375.V + \frac{V^2}{314.(f + 0,01.s)} + b$$

kde V je rychlost silničního vozidla před přejezdem v km/h
 f součinitel brzdného tření na mokré vozovce (při $V=30$ km/h je $f=0,4$)
 s podélný sklon pozemní komunikace v [%]
 b bezpečnostní odstup vozidla od překážky (k zaokrouhlení výsledné hodnoty D_z na násobek 5) [m]

$D_z = 10 \text{ m}$

Nezabezpečený přejezd:

$$D_z = 0,875.V + \frac{V^2}{314.(f + 0,01.s)} + b$$

$D_z = 20 \text{ m}$

c) L_p - rozhledová délka pro nejpomalejší vozidlo dle tabulky 2, délka úseku dráhy před přejezdem (a za přejezdem pro drážní vozidla opačného směru), kterou projede čelo drážního vozidla traťovou rychlostí za dobu, potřebnou pro řidiče nejpomalejšího silničního vozidla, aby s vozidlem stačil spolehlivě opustit nebezpečné pásmo přejezdu

úhel křížení α [°]	Traťová rychlost $V_{\text{tr}} \text{ [km.h}^{-1}\text{]}$					
	10	20	30	40	50	60
90	57	114	171	228	285	342
80	58	115	172	229	287	344
70	58	116	174	232	290	348
60	60	119	178	237	296	355
50	61	122	183	244	305	366
45	63	125	188	250	312	375

Tabulka 2 – Rozhledová délka pro nejpomalejší silniční vozidla L_p [m]

Minimální délka L_p pro traťovou rychlost 40 km/h: 244 m

2) Posouzení:

Délka[m]	Nutná	Při P6	Dosažená	Závěr	Při P6
Dz	20	10	10	Nevyhovuje - doplnění značky P6	Vyhovuje
Lp	244	244	250	Vyhovuje	Vyhovuje

Rozhledy na přejezdech ČSN 73 6380**Přejezd km 1.879**Rychlost vozidla před přejezdem (km/h) **20**Traťová rychlost (km/h) **40**Podelný sklon pozemní komunikace % **0**

1) Rozhledové délky pro silniční vozidlo:

a) L_r - je délka úseku dráhy před přejezdem (a za přejezdem pro drážní vozidla opačného směru), kterou projede čelo drážního vozidla traťovou rychlostí za dobu potřebnou pro řidiče uvedeného silničního vozidla, aby mohl spolehlivě zastavit na délce rozhledu pro zastavení Dz. L_r určíme dle tabulky 1.

hodnota	Vž	km.h ⁻¹	10	20	30	40	50	60
doporučená pro silnice i místní komunikace	L _r	m	16	32	48	64	81	97
nejmenší pro silnice a místní komunikace funkční skupiny A a B	L _r	m	12	24	36	48	60	72
nejmenší pro místní komunikace funkční skupiny C a funkční podskupiny D1	L _r	m	11	21	32	42	53	63

Tabulka 1 – Rozhledová délka pro silniční vozidla

Zdroj: ČSN 73 6380

Minimální délka L_r pro traťovou rychlost 40 km/h: **64 m**

b) Dz- délka rozhledu pro zastavení, délka nutná pro zastavení vozidla před výstražným křížem, při spatření vlaku ve vzdálenosti L_r před místem křížení osy komunikace s osou krajní koleje.

Zabezpečený přejezd:

$$D_z = 0,375.V + \frac{V^2}{314.(f + 0,01.s)} + b$$

kde V -je rychlost silničního vozidla před přejezdem v km/h
 f součinitel brzdného tření na mokré vozovce (při $V=30$ km/h je $f=0,4$)
 s podélný sklon pozemní komunikace v [%]
 b bezpečnostní odstup vozidla od překážky (k zaokrouhlení výsledné hodnoty D_z na násobek 5) [m]

$D_z = 10$ m

Nezabezpečený přejezd:

$$D_z = 0,875.V + \frac{V^2}{314.(f + 0,01.s)} + b$$

$D_z = 20$ m

c) L_p - rozhledová délka pro nejpomalejší vozidlo dle tabulky 2, délka úseku dráhy před přejezdem (a za přejezdem pro drážní vozidla opačného směru), kterou projede čelo drážního vozidla traťovou rychlostí za dobu, potřebnou pro řidiče nejpomalejšího silničního vozidla, aby s vozidlem stačil spolehlivě opustit nebezpečné pásmo přejezdu

úhel křížení α [°]	Traťová rychlost V_{Σ} [km.h ⁻¹]					
	10	20	30	40	50	60
90	57	114	171	228	285	342
80	58	115	172	229	287	344
70	58	116	174	232	290	348
60	60	119	178	237	296	355
50	61	122	183	244	305	366
45	63	125	188	250	312	375

Tabulka 2 – Rozhledová délka pro nejpomalejší silniční vozidla L_p [m]

Minimální délka L_p pro traťovou rychlost 40 km/h: 259 m

2) Posouzení:

Délka[m]	Nutná	Při P6	Dosažená	Závěr	Při P6
Dz	20	10	25	Vyhovuje	Vyhovuje
Lp	259	259	260	Vyhovuje	Vyhovuje

Rozhledy na přejezdech ČSN 73 6380**Přejezd km 3.058**

Rychlost vozidla před přejezdem (km/h)	20
Traťová rychlost (km/h)	40
Podélný sklon pozemní komunikace %	0

1) Rozhledové délky pro silniční vozidlo:

a) L_r - je délka úseku dráhy před přejezdem (a za přejezdem pro drážní vozidla opačného směru), kterou projede čelo drážního vozidla traťovou rychlostí za dobu potřebnou pro řidiče uvedeného silničního vozidla, aby mohl spolehlivě zastavit na délce rozhledu pro zastavení Dz. L_r určíme dle tabulky 1.

hodnota	Vž	km.h ⁻¹	10	20	30	40	50	60
doporučená pro silnice i místní komunikace	L _r	m	16	32	48	64	81	97
nejmenší pro silnice a místní komunikace funkční skupiny A a B	L _r	m	12	24	36	48	60	72
nejmenší pro místní komunikace funkční skupiny C a funkční podskupiny D1	L _r	m	11	21	32	42	53	63

Tabulka 1 – Rozhledová délka pro silniční vozidla

Zdroj: ČSN 73 6380

Minimální délka L_r pro traťovou rychlost 40 km/h: **48 m**

b) Dz- délka rozhledu pro zastavení, délka nutná pro zastavení vozidla před výstražným křížem, při spatření vlaku ve vzdálenosti L_r před místem křížení osy komunikace s osou krajní koleje.

Zabezpečený přejezd:

$$D_z = 0,375 \cdot V + \frac{V^2}{314 \cdot (f + 0,01 \cdot s)} + b$$

kde V-je rychlost silničního vozidla před přejezdem v km/h
 f součinitel brzdného tření na mokré vozovce (při V=30 km/h je f=0,4)
 s podélný sklon pozemní komunikace v [%]
 b bezpečnostní odstup vozidla od překážky (k zaokrouhlení výsledné hodnoty D_z na násobek 5) [m]

$D_z = 10 \text{ m}$

Nezabezpečený přejezd:

$$D_z = 0,875 \cdot V + \frac{V^2}{314 \cdot (f + 0,01 \cdot s)} + b$$

$D_z = 20 \text{ m}$

c) L_p - rozhledová délka pro nejpomalejší vozidlo dle tabulky 2, délka úseku dráhy před přejezdem (a za přejezdem pro drážní vozidla opačného směru), kterou projede čelo drážního vozidla traťovou rychlostí za dobu, potřebnou pro řidiče nejpomalejšího silničního vozidla, aby s vozidlem stačil spolehlivě opustit nebezpečné pásmo přejezdu

úhel křížení α [°]	Traťová rychlost V_{Σ} [km.h ⁻¹]					
	10	20	30	40	50	60
90	57	114	171	228	285	342
80	58	115	172	229	287	344
70	58	116	174	232	290	348
60	60	119	178	237	296	355
50	61	122	183	244	305	366
45	63	125	188	250	312	375

Tabulka 2 – Rozhledová délka pro nejpomalejší silniční vozidla L_p [m]

Minimální délka L_p pro traťovou rychlost 40 km/h: 176 m

2) Posouzení:

Délka [m]	Nutná	Při P6	Dosažená	Závěr	Při P6
D_z	20	10	25	Vyhovuje	Vyhovuje
L_p	176	176	190	Vyhovuje	Vyhovuje

7.4.5. Výpočet směrového oblouků Varianta A

$$\begin{array}{llll}
 v = & 70 & \text{km/h} & \\
 r = & 350 & \text{m} & \\
 \alpha_s = & 132.1921 & \text{g} & = \begin{array}{ll} 118.97289 & ^\circ \\ 2.076468651 & \text{rad} \end{array}
 \end{array}$$

1) Součinitel určující sklon vzestupnice

lineární - má v celé délce stejný sklon 1:n, kde součinitel $n = 10.V$
(V je rychlost v km/h)

$$n = 700$$

2) Převýšení

$$p_d = 7,1 \cdot V^2 / r \quad p_d = 99.4000 \quad \text{mm} \quad \text{zaokrouhleno na} \quad 99.4 \quad \text{mm}$$

3) Délka lineární vzestupnice l_v [m] se vypočte podle vzorce :

$$l_v = n \cdot p / 1000 \quad l_v = 69.58 \quad \text{m}$$

4) Délka přechodnice l_p [m]

$$l_p = 0,7 \cdot \sqrt{r} \quad l_p = 13.1 \quad \text{m} \quad \text{nejmenší délka přechodnice}$$

$$\begin{array}{ll}
 l_p = & 69.58 \quad \text{m} \\
 l_p = & 70 \quad \text{m}
 \end{array}$$

5) Úhel směrnice tečny v koncovém bodě přechodnice λ [rad, grad, °] se určí z výrazu

$$\sin \lambda = l_p / (2 \cdot r) \quad \sin \lambda = 0.09940$$

$$\begin{array}{ll}
 \lambda = & 0.10017 \quad \text{rad} \\
 \lambda = & 6.37686 \quad \text{grad} \\
 \lambda = & 5.73917 \quad ^\circ
 \end{array}$$

6) Opravný součinitel γ [-]

$$\gamma = 1 / \cos \lambda \quad \gamma = 1.01$$

7) Pořadnice koncového bodu přechodnice k [m] se určí z výrazu :

$$k = \gamma \cdot l_p^2 / (6 \cdot r) \quad k = 2.3451 \quad \text{m}$$

8) Odsazení m [m] kružnicového oblouku se vypočte z výrazu :

$$m = k - r \cdot (1 - \cos \lambda) \quad m = 0.5907 \quad \text{m}$$

9) Délka přechodnice l_0 [m]

$$l_0 = l_p + \Delta l_0 = l_p + \gamma^2 l_p^3 / (40 r^2) \quad l_0 = 70.0707 \quad \text{m}$$

10) Vrcholový úhel odsazeného oblouku [rad, grad, °]

$$\alpha' = \alpha_s - 2\lambda \quad \alpha' = 119.4384 \quad \text{grad}$$

$$\alpha' = 1.8761 \quad \text{rad}$$

11) Tečna odsazeného oblouku t_s [m]

$$t_s = (r+m) \cdot \text{tg}(\alpha_s/2) \quad t_s = 594.86 \quad \text{m}$$

12) Tečna odsazeného oblouku s přechodnicí T[m]

$$T = t_s + l_p/2 \quad T = 629.6530 \quad \text{m}$$

13) vzepětí odsazeného oblouku z_s [m]

$$z_s = r / \cos(\alpha'/2) - r \quad z_s = 241.8681 \quad \text{m}$$

14) Vzepětí kružnicového oblouku z' [m]

$$z' = (r+m) \cdot (1/\cos(\alpha_s/2) - 1) + m \quad z' = 340.490 \quad \text{m}$$

15) Tečna kružnicového oblouku t' [m]

$$t' = r \cdot \text{tg}(\alpha'/2) \quad t' = 477.2922 \quad \text{m}$$

16) Délka kružnicového oblouku

$$O_0 = r \cdot \text{arc}(\alpha') \quad O_0 = 656.6468 \quad \text{m}$$

17) Délka kružnicového oblouku s přechodnicemi

$$O = O_0 + 2l_p = \quad O = 796.64683 \quad \text{m}$$

$$v = 80 \quad \text{km/h}$$

$$r = 700 \quad \text{m}$$

$$\alpha_s = 58.159 \quad \text{g} = 52.3431 \quad ^\circ$$

$$0.913559436 \quad \text{rad}$$

1) Součinitel určující sklon vzestupnice

lineární - má v celé délce stejný sklon 1:n, kde součinitel $n = 10 \cdot V$
(V je rychlost v km/h)

$$n = 800$$

2) Převýšení

$$p_d = 7,1 \cdot V^2 / r \quad p_d = \quad 64.9143 \quad \text{mm} \quad \text{zaokrouhleno na} \quad 64.9 \quad \text{mm}$$

3) Délka lineární vzestupnice l_v [m] se vypočte podle vzorce :

$$l_v = n \cdot p / 1000 \quad l_v = \quad 51.93 \quad \text{m}$$

4) Délka přechodnice l_p [m]

$$l_p = 0,7 \cdot \sqrt{r} \quad l_p = \quad 18.52 \quad \text{m} \quad \text{nejmenší délka přechodnice}$$

$$l_p = \quad 51.93 \quad \text{m}$$

$$l_p = \quad 52 \quad \text{m}$$

5) Úhel směrnice tečny v koncovém bodě přechodnice λ [rad, grad, °] se určí z výrazu

$$\sin \lambda = l_p / (2 \cdot r) \quad \sin \lambda = \quad 0.03709$$

$$\lambda = \quad 0.03715 \quad \text{rad}$$

$$\lambda = \quad 2.36513 \quad \text{grad}$$

$$\lambda = \quad 2.12862 \quad ^\circ$$

6) Opravný součinitel γ [-]

$$\gamma = 1 / \cos \lambda \quad \gamma = \quad 1.00$$

7) Pořadnice koncového bodu přechodnice k [m] se určí z výrazu :

$$k = \gamma \cdot l_p^2 / (6 \cdot r) \quad k = \quad 0.6443 \quad \text{m}$$

8) Odsazení m [m] kružnicového oblouku se vypočte z výrazu :

$$m = k - r \cdot (1 - \cos \lambda) \quad m = \quad 0.1612 \quad \text{m}$$

9) Délka přechodnice l_0 [m]

$$l_0 = l_p + \Delta l_0 = l_p + \gamma^2 \cdot l_p^3 / (40 \cdot r^2) \quad l_0 = \quad 52.0072 \quad \text{m}$$

10) Vrcholový úhel odsazeného oblouku [rad, grad, °]

$$\alpha' = \alpha_s - 2 \cdot \lambda$$

$$\alpha' = \quad 53.4287 \quad \text{grad}$$

$$\alpha' = \quad 0.8393 \quad \text{rad}$$

11) Tečna odsazeného oblouku t_s [m]

$$t_s = (r + m) \cdot \tan(\alpha_s / 2) \quad t_s = \quad 344.09 \quad \text{m}$$

12) Tečna odsazeného oblouku s přechodnicí T [m]

$$T = t_s + l_p / 2 \quad T = \quad 370.0560 \quad \text{m}$$

13) vzepětí odsazeného oblouku z_s [m]

$$z_s = r / \cos(\alpha'/2) - r \quad z_s = 66.5013 \quad m$$

14) Vzepětí kružnicového oblouku z' [m]

$$z' = (r + m) * (1 / \cos(\alpha_s/2) - 1) + m \quad z' = 80.144 \quad m$$

15) Tečna kružnicového oblouku t' [m]

$$t' = r * \tan(\alpha'/2) \quad t' = 312.2888 \quad m$$

16) Délka kružnicového oblouku

$$O_0 = r * \arccos(\alpha') \quad O_0 = 587.4796 \quad m$$

17) Délka kružnicového oblouku s přechodnicemi

$$O = O_0 + 2l_p = \quad O = 691.47964 \quad m$$

7.4.6. Výpočet směrového oblouku Varianta B

$$\begin{aligned} v &= 70 & \text{km/h} \\ r &= 500 & \text{m} \\ \alpha_s &= 132.1921 & \text{g} &= 118.97289^\circ \\ & & &= 2.076468651 \text{ rad} \end{aligned}$$

1) Součinitel určující sklon vzestupnice

lineární - má v celé délce stejný sklon 1:n, kde součinitel $n = 10.V$
(V je rychlost v km/h)

$$n = 700$$

2)**Převýšení**

$$p_d = 7,1 * V^2 / r \quad p_d = 69.5800 \quad \text{mm} \quad \text{zaokrouhleno na} \quad 69.6 \quad \text{mm}$$

3) Délka lineární vzestupnice l_v [m] se vypočte podle vzorce :

$$l_v = n * p / 1000 \quad l_v = 48.71 \quad m$$

4) Délka přechodnice l_p [m]

$$l_p = 0,7 * \sqrt{r} \quad l_p = 15.65 \quad m \quad \text{nejmenší délka přechodnice}$$

$$l_p = 48.71 \quad m$$

$$l_p = 49 \quad m$$

5) Úhel směrnice tečny v koncovém bodě přechodnice λ [rad, grad, °] se určí z výrazu

$$\sin \lambda = l_p / (2 \cdot r) \quad \sin \lambda = 0.04871 \quad \lambda = 0.04902 \text{ rad}$$

$$\lambda = 3.12069 \text{ grad}$$

$$\lambda = 2.80862^\circ$$

6) Opravný součinitel γ [-]

$$\gamma = 1 / \cos \lambda \quad \gamma = 1.00$$

7) Pořadnice koncového bodu přechodnice k [m] se určí z výrazu :

$$k = \gamma \cdot l_p^2 / (6 \cdot r) \quad k = 0.8013 \text{ m}$$

8) Odsazení m [m] kružnicového oblouku se vypočte z výrazu :

$$m = k - r \cdot (1 - \cos \lambda) \quad m = 0.2007 \text{ m}$$

9) Délka přechodnice l_0 [m]

$$l_0 = l_p + \Delta l_0 = l_p + \gamma^2 \cdot l_p^3 / (40 \cdot r^2) \quad l_0 = 49.0118 \text{ m}$$

10) Vrcholový úhel odsazeného oblouku [rad, grad, °]

$$\alpha' = \alpha_s - 2 \cdot \lambda \quad \alpha' = 125.9507 \text{ grad}$$

$$\alpha' = 1.9784 \text{ rad}$$

11) Tečna odsazeného oblouku t_s [m]

$$t_s = (r + m) \cdot \tan(\alpha_s / 2) \quad t_s = 848.71 \text{ m}$$

12) Tečna odsazeného oblouku s přechodnicí T [m]

$$T = t_s + l_p / 2 \quad T = 873.0660 \text{ m}$$

13) vzepětí odsazeného oblouku z_s [m]

$$z_s = r / \cos(\alpha' / 2) - r \quad z_s = 410.1728 \text{ m}$$

14) Vzepětí kružnicového oblouku z' [m]

$$z' = (r + m) \cdot (1 / \cos(\alpha_s / 2) - 1) + m \quad z' = 485.147 \text{ m}$$

15) Tečna kružnicového oblouku t' [m]

$$t' = r \cdot \tan(\alpha' / 2) \quad t' = 760.5357 \text{ m}$$

16) Délka kružnicového oblouku

$$O_0 = r \cdot \arccos(\alpha') \quad O_0 = 989.2147 \text{ m}$$

**17) Délka kružnicového oblouku s
přechodnicemi**

$$O = O_0 + 2l_p =$$

$$O = 1087.21470 \text{ m}$$